Número especial conmemorativo

del

75° aniversario

de la

SOCIEDAD CIENTÍFICA ARGENTINA

1872-1947

NOMINA DE SOCIOS FUNDADORES

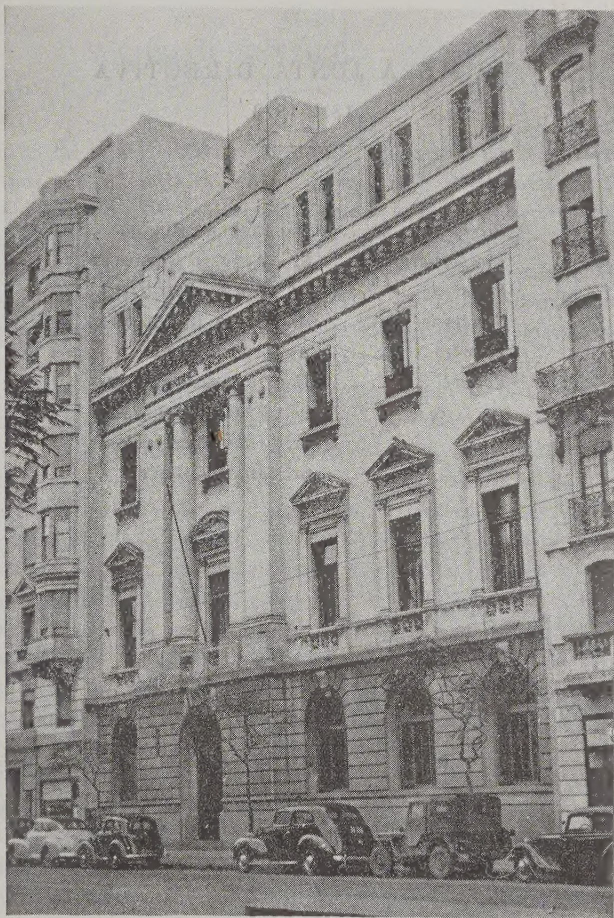
DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

Rómulo Ayerza
Pedro Benoit
Santiago Brian
Ernesto Bunge
José M. Coronell
Antonio J. Carbalho
Juan Coghlan
E. E. Clarice
Jacinto Caprale
Eduardo Castilla
Juan Dillon (*padre*)
Juan Dillon (*hijo*)
Justo Dillon
Carlos Dawneg
Carlos Fader
A. Florent
Luis A. Huergo
Juan J. J. Kyle
Francisco Lavalle
Julio Lacroze
Marcos Mañé
Pompeyo Monetta
Antonio E. Malaver
Mariano Moreno
Carlos Murray
Francisco Mañé
Ignacio Oyuela
Carlos Olivera
Rómulo Otamendi
Enrique Peña
Juan Pirovano
Pedro Pico
Emilio Rosetti
Augusto Ringuelet
Juan Ramorino
Félix Rojas
Carlos Robertson
Angel Silva
Luis Silveira Olazábal
Carlos Stegman
Julio Sierra
Zacarías Tapia
Miguel Tedin
Gcillermo White
Estanislao S. Zeballos

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

Fundada en 1872.



Sede social - Av. Santa Fe 1145

PRIMERA JUNTA DIRECTIVA

1872-1873

Presidente	Ing. Luis A. Huergo
Vicepresidente	Sr. Augusto Ringuelet
Secretario 1º	Sr. Carlos Stegman
Secretario 2º	Sr. Justo R. Dillon
Tesorero	Agr. Angel Silva
Vocales	Ing. Guillermo White
	Sr. Francisco Lavalle
	Sr. Juan Ramorino
	Sr. Juan J. Revy

SEPTUAGESIMO QUINTO ANIVERSARIO

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

El 28 de julio de 1947, se cumplieron 75 años desde la fecha en que por iniciativa de un grupo de animosos estudiantes, de inmediato acompañados por algunos técnicos y hombres de experiencia, declararon fundada la Sociedad Científica Argentina. Aquel sencillo acto, tuvo lugar en un salón del Colegio Nacional, donde se reunieron en Asamblea veinte y cuatro personas, nombrándose la primera Junta Directiva, bajo la presidencia del ingeniero Luis A. Huergo.

Aunque muy conocidos por haberse reseñado en diversas oportunidades, no está demás recordar nuevamente algunos detalles vinculados con el nacimiento de nuestra Sociedad. La idea originaria, pertenecía al entonces joven estudiante de la Facultad de Ciencias Exactas Estanislao S. Zeballos, quien la comunicó a otros compañeros, estudiantes como él, y como él entusiastas por el progreso científico del país. En aquellos años (1872), no existían en Buenos Aires sociedades dedicadas especialmente al estudio e investigación, salvo la « Sociedad de Farmacia », limitada a cuestiones de Química y Botánica, y las efímeras actuaciones de un « Instituto Histórico-Geográfico del Río de la Plata », y de otro « Instituto Argentino de Numismática », que si bien no consiguieron interesar al público, culto, ni arraigarse en el ambiente científico, representaron ensayos y tentativas promisorias. Aunque en forma vaga e imprecisa, debía sentirse ya en la « Gran Aldea », la necesidad y conveniencia de que existiera un centro de reunión para todos aquellos que desearan trabajar en el fomento de las ciencias puras y aplicadas en el país.

Al poco tiempo de creada la Universidad, e instaladas en ella cátedras de ciencias físicas, exactas y naturales, para algunas de las cuales se contrataron sabios extranjeros, surgió la idea de organizar una Sociedad Científica Argentina, con el propósito, según

lo expresaron textualmente sus fundadores, de *fomentar especialmente el estudio de las ciencias matemáticas, físicas y naturales con sus aplicaciones a las artes, a la industria y a la vida social; estudiar las publicaciones, inventos o mejoras científicas y especialmente las que tengan aplicación práctica en la Argentina, y reunir para este objeto a los ingenieros argentinos y extranjeros, a los estudiantes de ciencias exactas y a las demás personas cuya ilustración científica responda a los fines de esta corporación.*

Entre los que acompañaron a Zeballos en las primeras gestiones de redactar bases, estatutos y reglamentos, se recuerdan los nombres de Justo R. Dillon, Félix Rojas, Juan Pirovano y José Suárez. La primera Junta Directiva, presidida por Huergo, como ya se ha dicho, estaba integrada por Augusto Ringuelet como vice-presidente, los señores Carlos Stegman y Justo R. Dillon como secretarios, y el ingeniero Guillermo White acompañado por los señores Francisco Lavalle, Juan Remorino y Juan J. Revy como vocales. Actuaba de tesorero el señor Angel Silva.

Los socios fundadores fueron cuarenta y cinco; entre ellos figuraban Emilio Rosetti, uno de los profesores contratados para la naciente Universidad; Juan Coghlan, técnico inglés cuyo nombre está vinculado a grandes obras de ingeniería del país; Miguel Tedín, más tarde Ministro de Obras Públicas; Rómulo Otamendi, Julio Lacroze y Santiago Brian, que luego se distinguieron como grandes constructores y proyectistas de ferrocarriles; los químicos Juan Kyle y Francisco Lavalle, etc.

Desde sus primeros tiempos, la nueva institución actuó como asesora de los poderes públicos, y como propulsora de concursos, exposiciones industriales y exploraciones geográficas. Los viajes de Zeballos y los más extensos de Francisco P. Moreno hacia las tierras patagónicas tuvieron en ella un eficaz apoyo, así como años más tarde se prestó igual colaboración a los que exploraron la famosa laguna Iberá en Corrientes y también a los reconocimientos de los ríos Negro y Limay.

Un concurso de trabajos organizado en 1876, sobre temas de ciencias aplicadas a la industria originó la fundación del « Club Industrial », del que deriva la Unión Industrial Argentina.

En 1898, y también por iniciativa de la Sociedad Científica Argentina, se llevó a cabo en Buenos Aires el Primer Congreso Científico de carácter internacional, celebrado en el hemisferio austral.

Su éxito fué tan destacado, que tres años después, en 1901, se repitió en Montevideo, y en 1906 tuvo lugar una nueva reunión en Río de Janeiro, titulándose estos actos « Congresos Científicos Latino-Americanos », denominación cambiada en 1908 por la de « Congreso Científico Panamericano », verificándose el primero con este carácter en Santiago de Chile, el segundo en Washington en 1915, el tercero en Lima en 1924 y el cuarto en Méjico en 1935. Los acontecimientos que en años posteriores han sacudido al mundo, impidieron la continuación de estas reuniones de confraternidad científica entre las repúblicas americanas, interrumpiéndose la realización periódica de la idea que puso en marcha la Sociedad Científica Argentina hace cincuenta años.



Vista parcial de la biblioteca.

Otra de las obras de que puede enorgullecerse nuestra Sociedad, es la publicación de sus Anales, y la formación de su extraordinaria Biblioteca.

Los ANALES aparecen mensualmente, sin interrupción desde 1876, y en los 143 volúmenes que forman actualmente la colección, se incluyen los documentos más valiosos que han ido formando la tradición científica argentina. Los trabajos fundamentales de Ameghino, Berg, Burmeister, Holmberg, Gallardo, etc., estudiando el campo de las ciencias naturales: los de Ambrosetti, Debenedetti, La-

fone Quevedo, etc., sobre antropología y arqueología, entre otras muchas páginas henchidas de sabiduría, convierten a los ANALES en libro de forzosa consulta para todo estudioso. Y respecto a su *Biblioteca,* la mejor del país en determinadas especialidades, se amplía de continuo con importantes donaciones (entre las que deben recordarse las hechas por los ingenieros Girondo y Dassen) y por la acción del canje que los ANALES permiten mantener con las más importantes revistas científicas del mundo.

* * *

Deseosa de celebrar en forma digna el importante aniversario, en el cual se cumplían las bodas de brillante de la Sociedad Científica Argentina, la Junta Directiva se preocupó con la debida anticipación, de organizar los actos correspondientes, desigando al efecto una Comisión especial, presidida por el ingeniero José M. Páez, e integrada por los ingenieros Edmundo Parodi, y Carlos A. Liser y Trelles, Dr. Jorge Magnin y Prof. Juan M. Alessi.

Uno de los proyectos que fueron de inmediato contemplados, fué el de celebrar un certamen científico nacional que reflejara la actividad y producción argentina actual, en las distintas ramas de la ciencias: Matemáticas, Física, Química y Ciencias Naturales. Al efecto se dirigieron diversas circulares, notas y comunicaciones a todas las entidades, instituciones y sociedades culturales (incluso escuelas y universidades), tanto de carácter oficial como privado, así como a particulares, profesores y hombres de ciencia, para que remitiesen trabajos monográficos, artículos, memorias, etc., exteriorizando así las investigaciones con que estaban contribuyendo a la formación del acervo científico del país.

Pero diversos inconvenientes impidieron la celebración de tal Congreso, en la forma amplia con que había sido proyectado. Uno de ellos fué la falta de tiempo, la escasez de algunos medios materiales necesarios, la irregularidad y tardanza con que afluyen los trabajos, la inseguridad sobre otros prometidos, etc. Por otra parte, la exigencia de la fecha — 28 de julio de 1947 —, impedía toda postergación.

Se resolvió entonces reemplazarlo por una « Semana de Conferencias », y por la publicación en un volumen — incluído como número especial de los ANALES —, de los más importantes trabajos

entre los recibidos con destino a ser leídos y considerados en las sesiones del Congreso.

La Semana de Conferencias se desarrolló durante los días 28, 29, 30 y 31 de julio, y 1º de agosto, estando las disertaciones a cargo de personalidades de especial prestigio en los ambientes científicos del país. El Dr. Bernardo A. Houssay, quien debía también ocupar la tribuna, no pudo hacerlo a última hora, por haber tenido que ausentarse a Inglaterra, para recibir en la Universidad de Oxford, un homenaje altamente honroso, no sólo para él, sino para toda la ciencia argentina.

Antes de la primera conferencia, y al inaugurar los actos conmemorativos de nuestro septuagésimo quinto aniversario, habló el Presidente de la Sociedad Científica Argentina ingeniero José M. Páez, exponiendo el significado de la fecha que se celebraba. Su discurso figura transcripto más adelante. En sus párrafos finales expresó que la señora Ana Huergo de Carlé había donado a la institución un busto de mármol del ingeniero Luis A. Huergo, el primer presidente de la Sociedad, elegido en la modesta asamblea de socios fundadores, celebrada el 28 de julio de 1872. Y tras de recordar brevemente la extraordinaria actuación cumplida por el ingeniero Huergo a lo largo de su laboriosa vida, procedió a descubrir el busto donado por la señora de Carlé. Fué un momento de emoción, de que participaron todos los presentes.

El ingeniero Emilio Rebuelto, pronunció después su conferencia sobre « *Evolución de la Estadística* ». La segunda, fué dicha por el Dr. Luis A. Podestá Costa, quien desarrolló el tema « *La fundación de la Sociedad Científica Argentina. El momento, los hombres y su significado histórico* ». En la tercera conferencia, el día 31 de julio, el Dr. Francisco Rosenbusch habló acerca de « *El virus aftoso, como individuo y población* », detallando los caracteres del virus, sus manifestaciones de vida, y su modo de alimentarse y multiplicarse, así como sus variaciones, mutaciones y cambios de virulencia, etc.

El 1º de agosto, tuvo lugar la cuarta conferencia, escuchándose al doctor Bernardo H. Dawson sobre « *El reciente eclipse de sol* »; como se sabe, el 20 de mayo de este año 1947, se pudo observar desde ciertos lugares de la República Argentina, un eclipse *total* de sol, que dió motivo a interesantes investigaciones de carácter astronómico.

Complementando los aspectos científicos de estas conferencias, el 29 de julio se exhibieron películas documentadas de carácter técnico, relacionadas con cuestiones de cristalografía, hidráulica, aprovechamiento de combustibles, etc. El material exhibido fué proporcionado por el Servicio Cultural e Informativo de los Estados Unidos de América.

Las conferencias fueron precedidas por la ejecución de números musicales, a cargo de distinguidos artistas, entre los cuales cabe mencionar especialmente a la soprano señora Graziella Berro Madero de Molina, autora de algunas de las composiciones que cantó y al profesor Adolfo Morpurgo, que interpretó piezas musicales antiguas en « Viola del perdón ». Actuaron también como solistas o acompañantes, la señora Eva Lilia Morelli de Marty, Filottete Martorella, y los señores Carlos Vercelli Maffei, Andrés Vancoillie, Tirso de Olazábal y Rodolfo García Pelufo, que prestaron gentilmente su concurso y con quienes queda muy obligada la Sociedad.

Clausurando los actos conmemorativos, tuvo lugar el 2 de agosto un gran acto de Concierto, cuya primera parte estuvo a cargo de artistas integrantes del cuarteto « Mozart », y en la segunda actuó la señorita Blanca C. Dobranich, cantando varias romanzas, acompañada al piano por el señor Alberto Grigera, y obteniendo sinceros plácemes y aplausos de la concurrencia.

Tanto nuestro aniversario, como su celebración, merecieron atención general en el país, dando margen a numerosas crónicas y notas elogiosas, actos de adhesión y diversas manifestaciones afectuosas, que comprometen nuestro más profundo agradecimiento. En la fecha del aniversario y en las vísperas de las Conferencias, los grandes diarios argentinos, especialmente « La Prensa » y « La Nación », suministran al público amplias informaciones y noticias gráficas sobre la labor de la Sociedad; y todos los órganos de publicidad del país, así en la Capital como en las provincias, siguieron paso a paso el desarrollo de los actos conmemorativos, demostrando una vez más, el aprecio y simpatía con que se juzga la misión cultural que desarrolla la Sociedad Científica Argentina.

DISCURSO DEL SEÑOR PRESIDENTE DE LA SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA, INGº J. M. PAEZ

Señores representantes de Academias; de Universidades; de Museos; de Instituciones científicas, culturales y gremiales; señores académicos, profesores, señoras y señores:

La Sociedad Científica Argentina, cumple hoy — 28 de julio de 1947 — el septuagésimo quinto aniversario de su fundación. Festeja sus bodas de brillante, con la ciencia argentina.

En homenaje a su iniciador, sus fundadores y socios desaparecidos, os ruego un minuto de recogimiento, poniéndoos de pie.

Ahora, en estos instantes de emoción, quiero deciros, que hace un momento, he tenido el singular placer de expresarle al Ing. Rómulo Ayerza, socio fundador, que ya cumpliera 92 años, toda la simpatía y afectos que nos merece. Motivos involuntarios, le privan acompañarnos hoy.

En lo inmutable del tiempo, en sus intervalos, que aparecen como puntos que apenas concibe la imaginación en lo inmenso e insondable de la eternidad, señálanse límites de pretéritos, presentes y futuros, como medidas reguladas de la duración de la vida de los hombres, de las instituciones y de las cosas, y si los hechos acontecidos en ellos son consecuencia de un derrotero fielmente cumplido para alcanzar un norte, se marca en el tiempo una « Epoca » y esa marca, la ha sellado la Sociedad Científica Argentina, con su acción, también inmutable, por el adelanto de la ciencia, en sus 75 años de vida.

Duros debieron ser sus primeros días; pusieron a prueba el carácter y voluntad del pequeño grupo de sus fundadores; sólo veinticuatro, cuyos nombres debieran grabarse en oro. ¿Qué era Buenos Aires en 1872? Fué llamada la Gran Aldea, cuyos arrabales

principiaban apenas cruzadas las calles anchas, Callao y Entre Ríos. Todavía el indio era dueño y señor de las pampas, de territorios chaqueños y parte de Santa Fe, Santiago del Estero y Salta.

No es mi propósito ocuparme de la fundación de la Sociedad Científica Argentina, del momento, de los hombres y de su significado histórico. Todo ello en este aniversario está a cargo de un distinguido continuador de quien la iniciara, el doctor Luis A. Podestá Costa, que pasado mañana pronunciará su conferencia. Pero



El Presidente de la Sociedad pronunciando su discurso.

he debido señalar la época para aquilatar valores. El ambiente era poco propicio, además de flotar todavía en las masas populares del mundo, reservas y dudas sobre la utilidad de las ciencias, hasta formularse frases absurdas como aquella concretada en la pregunta: «¿Para qué sirve la ciencia?», tal vez resultado de creerse generalmente que los sabios y los estudiosos, en sus trabajos, poco se ocupaban de llegar a conclusiones prácticas, apartando la teoría de la aplicación, deteniéndose en lo abstracto, sin existencia real, e indudablemente, mucho hubo de ello, pero también hubo quienes obtenían ventajas reales.

Unos se encastillaron en su capacidad creadora, de pensadores originales y otros, utilizaron esa producción genial para el adelanto de sus industrias, influyendo en forma diferente pero decidida, en los destinos de los países rectores de la civilización, según siguieran una u otra tendencia.

Nuestros hombres, aquellos sobre todo, carecieron de medios de investigación; en cambio, eran requeridos insistentemente para la solución de sin número de problemas urgentes, planteados cada



día con ansias de llevar e incorporar el país al concierto de las naciones.

Su desempeño fué trascendente, lo prueban el archivo y los Anales de nuestra Sociedad. Los 143 tomos que constituyen la colección de los últimos, son una verdadera joya. Ocupan naturalmente un lugar de preferencia en nuestra biblioteca que cuenta ya con más de 46.000 volúmenes y sobrepasan de 1.500 las colecciones de revistas, todas de positivo valor.

Con aquella iniciación y el entusiasmo que provocaron los primeros certámenes y exposiciones, se acentuó la simpatía y apoyo general de los más capacitados, al constatar que con paso seguro

la Sociedad Científica Argentina cumplía su propósito de « ...*fomentar el desarrollo de las ciencias en general y sus aplicaciones a las artes, a las industrias y a las necesidades de la vida social* ». Su prestigio crecía rápidamente, traspasaba los límites territoriales hasta adquirir la jerarquía suficiente para iniciar, organizar y realizar, el primer congreso científico de alcance internacional en la historia del Hemisferio Occidental, al cumplir ella el vigésimoquinto aniversario de su fundación, llamándole « Primer Congreso Científico Latinoamericano ».

Fué tal su éxito, que a corto período se repitieron y al celebrarse el IVº, se le dió el nombre de « Primer Congreso Científico Panamericano », con motivo de haberse extendido la invitación oficial a Estados Unidos de América. Había crecido tanto la importancia de aquella iniciativa, entusiastamente cumplida, que al realizarse el siguiente, en Washington, en 1915, se reunieron más de 2500 hombres representativos de América para propender constructivamente al adelanto de la ciencia y sus beneficios para la humanidad, mientras el resto del mundo estaba empeñado en la guerra más destructora conocida hasta entonces. Y fatal coincidencia, 25 años después, presenciamos igual cuadro; por un lado, los hombres de ciencia de América se reúnen nuevamente con aquel objeto, en el VIIIº Congreso, mientras que los otros, de los demás continentes, se daban cita en los campos de batalla más mortíferos que puedan imaginarse; en estos, la participación de la ciencia y la industria fué terrible. Volúmenes y más volúmenes se escriben sobre el tema, pero también la ciencia y la industria, son motivos de felicidad humana.

Acotaciones de margen, nos permiten decir y afirman rotundamente, que la ciencia necesita para ser útil, gozar de la más amplia libertad, no se la puede encadenar entre límites sin que fracase; la experiencia de los últimos años lo demuestra.

Nación hubo, que en víspera de la última gran guerra (1935) pretendió encauzar la ciencia de su país dentro de determinada orientación política, y no escatimó medios; despidió, como a simples empleadillos — por razones de mejor servicio — a más de dos mil quinientos profesores, investigadores y ayudantes de sus universidades e institutos de investigación, casi el cincuenta por ciento del total de los hombres que habían llevado a culminar en el mundo, la ciencia de su país, en base solamente a patriotismo. Sus rivales, en cambio, dejaron de costado la política, religión y razas, incita-

ron y estimularon cuanto podían, para que sus más capacitados investigadores, en orden a sus predilecciones, dieran a su patria cuanto podían dar; todo es útil en ciencia. A poco andar, púsose de relieve el resultado de ambos sistemas. Los últimos, que trabajaron libremente, al tercer año de guerra, ofrecieron un frente tan poderoso a sus enemigos, que decidió desde ese momento la victoria. Una vez más vino a constatarse que la sabiduría y la experiencia no se substituyen con improvisaciones más o menos audaces, ni con títulos arrogantes. También sentó el principio, de que el arte militar para la defensa de las naciones, cedía su primer puesto a la ciencia, para convertirse en realizador orgánico, de directivas de aquella.

Si en la guerra, la ciencia reinó terriblemente, en la paz también reina para mitigar dolores e intensificar, amenizar y prolongar la vida. Desde una alta tribuna, acaba de decírsenos, que la estructuración humana en lo físico y en lo moral, son problemas médicos, que pueden resolverse y se indican caminos para llegar a formar hombres buenos y sanos.

¡Qué el Todopoderoso ilumine a esos investigadores!

La Sociedad Científica Argentina siempre marchó con pie firme; jamás salió de su línea, y orgullosa de un deber cumplido, desprendió de su tronco ramas vigorosas, que con ella y otras plantas que nacieron a su alrededor y crecieron lozanas, formaron el gran conjunto cultural y científico que distingue a la Argentina entre los centros más importantes de Latinoamérica; que atrae a los investigadores, estudiosos y estadistas del mundo, que desean conocer y convivir nuestro ambiente científico, pese a accidentales opiniones contrarias que pretenden quitar méritos a nuestros universitarios. Nuestra alcurnia científica está muy por lo alto; alcanzó firmemente su posición, porque jamás dejó de practicar aquella sublime parte de la filosofía que llamamos ética. Desde hace tiempo fué reconocida por los institutos de altos estudios más famosos del mundo y justamente, en estos días, que celebramos nuestro aniversario, un hijo de la ciencia argentina, consocio nuestro, recibe en presencia del Congreso Internacional de Fisiología que se realiza en Londres y del cual participa, el título de Doctor Honoris Causa en Ciencias, otorgado por la centenaria universidad de Oxford. También recibirá, a su regreso, el título de Doctor Honoris Causa, de

la universidad del Brasil. Él, con muchos otros, forma un selecto grupo de investigadores científicos de gran capacidad, rectores de nuestros centros culturales, donde abunda el material humano que necesita el país para sus realizaciones de orden superior, pero que carecen de los medios materiales en laboratorios e institutos de investigación.

Sí, faltan fondos, para llenar la necesidad más premiosa, actualmente en nuestro país.

La contribución de particulares, con honrosas excepciones, ha sido pobre en relación a su poderío, ha suplido sin embargo muchas necesidades inmediatas, especialmente en instituciones de beneficencia y otras de valor, pero se requiere más, mucho más; por eso, la Sociedad Científica Argentina alza hoy su voz y pone en ello todo su prestigio, para incitar a los pudientes, a los que disponen de grandes capitales y a los poderosos, para que imiten a sus hermanos del norte — en la medida de sus fuerzas — con fundaciones al estilo de la de Carnegie, Rockefeller y cien otras, que han contribuído tanto a la grandeza de su país y beneficiado al mundo. No solamente eso es necesario, también debe estimularse la acción popular, que puede ser poderosa, como lo demostró ya hace un siglo, el doctor Birkbeck, en Gran Bretaña, con escuelas de perfeccionamientos mecánicos para adultos.

Es para mí un inmerecido honor, y más aún, en aniversario como este, presidir a la Sociedad Científica Argentina, pero debí ceder a la voluntad de mis consocios, por ello encontraréis de justa aplicación a mis palabras, la locución de Salomón: « Nil novi sub sole »; invoco pues a vuestra bondad, para considerarlas.

Las conferencias de este breve ciclo conmemorativo, están a cargo de hombres de ciencia consagrados en sus especialidades: Ing. Emilio Rebuelto, doctores Luis A. Podestá Costa, Francisco Rosenbuch y Fernando H. Dawson.

Con la gentileza que caracteriza a nuestras damas, la señora Ana Huergo de Carlé, que nos acompaña en la sala adhiriéndose a nuestro aniversario, ha donado a la Sociedad Científica Argentina, un busto en mármol de sus señor padre, el ingeniero Luis A. Huergo, primer presidente de nuestra institución. La Junta Directiva, en sesión extraordinaria, después de haberse puesto de pie en homenaje a él, agradeció tan significativo obsequio.

Don Luis, como le llamáramos cariñosamente sus familiares y amigos, entra así, nuevamente a esta casa, ya para quedarse en ella, como gran argentino y rector de nuestra obra, el día y la hora, en que se cumplen 75 años de aquél, en que con vigoroso brazo, tomó el timón de nuestra nave, para darle rumbo seguro y arribar al puerto de sus fines, dejando una estela fulgurante, llena de triunfos. Por eso dije en otra oportunidad, « la Sociedad Científica Argentina llega a sus bodas de brillante, tallando en la preciosa piedra infinitas facetas, límpidas, puras, con reflejos de aurora, entre aristas vivísimas, jamás melladas, por declinación alguna ».

La biografía del ingeniero Huergo, es conocida de todos; sin embargo, su personalidad siempre nos impóne recordar pasajes de su vida y actuación. Obtuvo el 6 de junio de 1870 el primer diploma de Ingeniero Civil que otorgara nuestra Facultad. Nadie como él, pudo llevar el título « Número Uno », con más honor, autoridad y prestigio. Le llamábamos el Decano de la ingeniería argentina. Con sus compañeros de curso, formó el grupo de 12, « Los Apóstoles » de nuestros profesionales.

No fué un investigador de gabinete, le faltó el tiempo; pero actuó con gran éxito y seguridad en el más grande de los laboratorios, el país mismo, que le exigía diariamente todo su saber y patriotismo.

Hizo cuanto pudo por perfeccionar la enseñanza en la Facultad de Ingeniería, fué su Decano y Consejero, y animador constante de sus estudiantes. De su peculio particular — que nunca fué abundante — costeó estudios en universidades famosas de Europa, a jóvenes que deseaban seguir carreras especializadas; puso a disposición de egresados distinguidos, que viajaron al Viejo Mundo para perfeccionar sus conocimientos, lo necesario para prolongar sus estudios. Noble ejemplo, seguido por uno de ellos, hace pocos años, cuando un colega, era invitado oficialmente por el gobierno de una gran potencia, a visitar sus institutos e industrias. Lo hacía en memoria de Don Luis.

Al apagarse su vida, rodeado de su familia y amigos íntimos, en el delirio de la muerte, con frases incoherentes ya, señalaba la fundamental importancia del descubrimiento de yacimientos de petróleo en nuestra patria, cuya explotación fué motivo de sus últimos afanes, a igual de prevenir el valor codicioso de los grandes

explotadores del producto en el mundo. Así vivieron, los grandes argentinos; hasta sus últimos pensamientos fueron para la patria.

Desde niño, tuve oportunidad de frecuentar su hogar, después, de hombre y como profesional, disfruté de su grande y noble amistad, hasta que la Parca nos lo arrebatara a todos.

Comprenderéis la honda emoción que me embarga al descubrir su busto, en esta casa.

SECCION CONFERENCIAS

EVOLUCION DE LA ESTADISTICA

POR EL

ING. EMILIO REBUELTO

Conferencia pronunciada en la Sociedad Científica Argentina el 28 de Julio de 1947.

I

Empiezo a hablar, con la penosa impresión de encontrarme ya bajo los dardos de una crítica. Porque seguramente, algunos, y tal vez muchos, habrán juzgado desacierto notorio la elección de un tema tan vulgar, tan prosaico y tan aburrido como la Estadística, para iniciar con él, este ciclo de conferencias, organizado por la Sociedad Científica Argentina, conmemorando el 75º aniversario de su fundación. Para momentos tan solemnes, no parece en efecto, muy apropiado detenerse a elaborar disquisiciones y comentarios sobre la más desacreditada de las disciplinas científicas.

Confío, sin embargo, en justificar la elección del tema y reivinticar los méritos de la Estadística, que ha llegado a ser en nuestros días, y contra el infundado juicio despectivo del gran público, el instrumento máximo de la investigación experimental, y la más poderosa de las armas puestas a disposición del hombre para conquistar las verdades en que se apoya la ciencia y las esperanzas de que se alimenta la fe.

Entretanto, no ocultaré que a la Estadística se la ha colmado de los más duros adjetivos. El ilustre físico y matemático alemán Richard von Mises, recuerda en la primera página de su libro sobre *Probabilidades, Estadística y Verdad*, la opinión de cierto filósofo inglés, según el cual, las mentiras pueden clasificarse en tres tipos; las que se dicen en defensa de algo, mentiras piadosas, justificables; las mentiras básicas, que no tienen justificación; y la Estadística, que es la mentira completa. También recuerda que con números se puede defender cualquier sofisma, afirmación ya atribuída a

Goethe y cuya exactitud podemos corroborar sin esfuerzo todos los que hacemos Estadística, pues sabemos cuán atrás se quedan, a veces, los cocineros que hacen guiso de liebre sin liebre. Otro autor, André Liesse, cita la forma desorbitada como se la emplea en la propaganda política y en las discusiones parlamentarias, donde las cifras son otros tantos proyectiles que se arrojan los adversarios, enardecidos bajo la impulsión de sus intereses y pasiones, con lo cual transforman la Estadística en una materia prima deformable a voluntad y apta para probar los mayores absurdos.

Agreguemos el empeño puesto en negarle carácter de ciencia, pues al saberla ocupada por igual de nacimientos y defunciones, hectáreas sembradas o tráficos ferroviarios, se argumenta que no puede concebirse una ciencia tan monstruosa como para comprender en ella las personas, los vegetales y las locomotoras... ; se le critica su falta de objetivo determinado y de finalidades concretas, pues de por sí, no explica nada ni suministra el porqué de ninguno de los hechos que coloca en evidencia. Y cuando se la quiere defender como siendo un método de estudio aplicable a una rica diversidad de temas, sus impugnadores replican, que por servir para todos los usos, se la utiliza lo mismo para todos los abusos.

En realidad, no sabemos bien todavía en qué consiste la Estadística. La opinión vulgar y corriente, la vincula hasta identificarla, con la Demografía, los censos y los recuentos de población, perpetuando así el aspecto que tuvo en su remotísimo origen. Se encuentran en efecto, rastros estadísticos en las averiguaciones antiguas llevadas a cabo por los egipcios para determinar a cuántos de sus habitantes afectaban las inundaciones del Nilo. En los fabulosos imperios asiáticos, persas y asirios, hicieron censos de prisioneros e inventarios de bienes tomados a los vencidos. Con parecidos caracteres, ejecutaron análogas operaciones los griegos de Esparta y Atenas, enumerando la multitud de sus esclavos. Los romanos, triunfantes sobre todos los países del orbe entonces conocido, contaron igualmente la población y las riquezas contenidas en su dilatado imperio, para fijar, según dice Tácito refiriéndose a lo ordenado por Augusto, cuántos eran los posibles contribuyentes y repartir entre ellos, del mejor modo, las cargas públicas.

Esta finalidad de la investigación censal para determinar impuestos, gabelas y contribuciones, se continuó después durante el feudalismo, en la Edad Media y en los siglos subsiguientes, cada

vez más implacable, debido, no tanto a la voracidad fiscal como a la desequilibrada contabilidad de los erarios gubernamentales. No es raro que en consecuencia, se haya ido formando en la blanda alma del confiado pueblo, un tradicional temor, ante cualquier requerimiento de carácter estadístico, tras el cual sospecha siempre, un ataque a su peculio.

No critiquemos demasiado tal desconfianza en los ciudadanos particulares de épocas pasadas, pues en los tiempos modernos, muchos gobiernos dieron muestras de igual temor. A mediados del siglo XIX, cuando fué reconocida la utilidad de los informes estadísticos de carácter comercial, se trató de internacionalizar los procedimientos, intercambiar datos y elaborar conjuntos informativos en base a colaboraciones mutuas, creándose organismos análogos a la Unión Postal Universal, la Cruz Roja y tantas otras entidades de unánime aceptación mundial.

Pero el temor de suministrar al vecino, datos sobre los propios recursos, retardó por mucho tiempo la aplicación extensiva de la Estadística, y sólo a costa de ingentes esfuerzos, se ha conseguido algo entre países europeos, y norteamericanos y mucho menos en Sud-América, donde no se hallan unificadas ni siguiera las designaciones, fechas, métodos y clasificaciones estadísticas, entorpeciéndose por tal causa cualquier comparación. Y no hablemos de las naciones que por motivos de orden político, retardan la ejecución de sus censos y la publicación de estadísticas anuales, como es el caso actual de Rusia.

Por arriba de todo esto — demografía y comercio —, flota un concepto materialista, utilitario, investigador del poder brutal de la fuerza, como insistiendo en la tendencia primitiva iniciada en los imperios asirios, cuando, en los albores de la historia, si contaban sus esclavos, era con miras a la formación de ejércitos; los señores de horca y cuchillo, en las sociedades feudales, hacían lo propio con las mesnadas de sus vasallos, pensando en futuras luchas y próximos asaltos; algo suavizada, tropezamos con idéntica finalidad utilitaria en los pueblos contemporáneos, preocupados en conocer la suma de los contribuyentes, las cifras de su industria y comercio, y la actividad de mercaderes y traficantes en busca de competencias y predominios, para lo cual se miden en toneladas, metros cúbicos o docenas de unidades, lo comprado y vendido, los volúmenes importados y exportados, las hectáreas sembradas y cosechadas...

Todo este conjunto de materialismo puro, forma la prosa de la Estadística, la parte pesada, plúmbea, agobiadora, que la reviste de un matiz antipático para quien mira el mundo a través de un lente idealista. ¿Será posible, tal como lo piensan muchos, que la Estadística sea eso, nada más que eso, que lo haya sido antes, y que siga mañana arrastrando ese lastre?

Por suerte, no; muy al contrario, la verdad es otra, y muy distinta; puede señalarse de la Estadística, otra historia menos prosaica de la que acabo de esbozar y en la que se perciba el vuelo lírico de una inquietud filosófica, que entre dudas, tanteos, éxitos y rectificaciones, va persiguiendo la fugitiva verdad, suministrándonos cada vez una imagen más fiel del universo. Pensemos que nuestro conocimiento del mundo exterior depende de la Estadística, tanto o más que de nuestros sentidos. La imagen real absoluta del Universo en torno, no la percibiremos nunca, pues de ella, sólo vemos la *imagen sensorial* suministrada por los imperfectos sentidos; o la *imagen experimental* obtenida con instrumentos de observación y medida. Como no se hace un sólo experimento para estudiar un fenómeno, ni un sólo análisis de la composición de un cuerpo, pronto nos encontramos en posesión de una serie de cifras o interpretaciones de un mismo fenómeno. En lenta labor de siglos, han aprendido los hombres a depurar de errores y aproximaciones los diferentes valores así obtenidos, empleando precisamente, trámites de metodología estadística, aplicables al análisis de cualquier conjunto de hechos repetibles, sean nacimientos, defunciones, medidas de longitud, datos meteorológicos, o experiencias de fisiología, deduciendo términos medios, porcentajes, constantes características, los elementos, en fin, suficientes para formar una *imagen estadística* del fenómeno, del objeto o del hecho estudiado. Mal que nos pese, vivinos entre ellas aunque no queramos reconocerlo; las tasas, los promedios, las constantes físicas, pesos específicos, densidades, coeficientes de dilatación, son otras tantas *imágenes estadísticas*: y con ellas nos manejamos, imágenes más perfectas que las sensoriales, pero menos que la *imagen real* del universo, a la que nos vamos aproximando cada vez más, gracias, precisamente, a la Estadística, pero a la que probablemente no alcanzaremos nunca, porque la esencia íntima de fenómenos como el de la vida, estará siempre un poco más allá del último horizonte conquistado. Por eso, califiqué hace un momento a la Estadística como la más po-

derosa de las armas puestas a disposición del hombre para conquistar las verdades en que se apoya la ciencia, y las esperanzas de que se alimenta la fe.

II

Vale la pena estudiar un poco más de cerca la verdadera evolución de la Estadística. Es una historia oculta y desconocida por estar poco divulgada. Con ella comprobaremos en primer lugar que posee la renovada vitalidad de todas las ciencias, en las que cada descubrimiento, en vez de contribuir a agotar lo desconocido sirve para crear nuevos misterios, desafiantes de nuestra ignorancia. Así como cada día se sabe menos física, ante los neutrones, fotones y protones; y cada vez estamos menos seguros de nuestra química, ante los isómeros, los isótopos, las transmutaciones y las fisiones, igualmente acontece en los dominios de la Estadística; siempre que ha incorporado a sus procedimientos un nuevo concepto, se multiplican sus alcances, y sus puntos de vista, ampliando el ámbito de las posible aplicaciones y presentando así el admirable espectáculo de un método de investigación y estudio en continua expansión.

Fué un gran poeta quien uso por primera vez en Inglaterra la palabra « statist ». Se trata de Sheaskespeare y nada menos que en el drama *Hamlet,* Acto V, escena 2ª, escrita hacia 1602. Un poco más tarde, en 1610, y en la Comedia *Cymbeline,* Acto 2º, escena 4ª, repite el vocablo, desusado en su época y que después de Sheakespeare, se encuentra ya incorporado a la literatura común inglesa, para expresar la situación o el estado de un país, de un pueblo cualquiera o de una entidad política. El vocablo había sido importado de Italia, donde unos lo derivaban del latín *Status,* que significa a la vez situación y Estado político, y otros del latín *Statere,* nombre dado a la balanza, con lo cual, hacer Estadística equivalía a la acción de pesar, a su vez sinónimo de medir. De la primera etimología, se derivó una definición que es a la vez un juego de palabras: *la Estadística es la ciencia del estado del Estado,* o sea la descripción de las cosas notables que existen dentro de cada país y de la situación en que éste se encuentra. Durante los siglos XVII y XVIII, fué un conglomerado de geografía, historia y política, empleándose para exponerla más palabras que números, dándole aspecto descriptivo y destinándola a la instrucción de los

príncipes, aristócratas y personas de la nobleza, ligadas directa o indirectamente al Gobierno de los Estados. En este tiempo se originó el vocablo *estadista* para designar a los directores políticos de las naciones.

Mientras en la Europa Central se desarrollaba siguiendo una tendencia política, en Inglaterra aparece con una tendencia demográfica. Examinando las anotaciones consignadas en los registros parroquiales de nacimientos, defunciones y matrimonios, un humilde comerciante de Londres, Juan Graunt, descubrió en 1660 la regularidad de estos acontecimientos, asombrándose de que año tras año, se produjesen en número sensiblemente igual; y que más constante aún era su relación al número de habitantes, lo que hoy llamamos tasas; también era constante la proporción de hombres y mujeres entre los nacimientos, y la cantidad de los nacidos que sobrevivían al cabo de un cierto tiempo. Especialmente le resultaba asombroso que no sólo en Londres, sino en otras ciudades de Inglaterra, y también del extranjero, el número anual de matrimonios, oscilase muy poco alrededor del 7 ‰ de la población. El hecho demográfico en el que más influye la voluntad propia, el capricho del amor y las asechanzas de Cupido, resultaba así obedeciendo a una regla fija, mecánica e inalterable.

Aquellos apocados espíritus del siglo XVII, se dieron a pensar en una fuerza sobrenatural, en un poder desconocido, superior al libre albedrío de los hombres, que obligaba a los hechos demográficos a producirse en un orden tan perfecto.

Graunt presentó sus « Observaciones » en 1661 a la Real Sociedad de Londres, donde fueron extraordinariamente criticadas por considerarlas demasiado atrevidas y revolucionarias.

Pero el impulso estaba dado, y el médico inglés Petty y el párroco berlinés Sussmilch se encargaron de ratificar y extender las observaciones de Graunt, extrayendo de ellas consecuencias filosóficas. Petty dijo que « se había encendido en el mundo una luz nueva » y designó a estos estudios con el nombre de *Aritmética Política*. Sussmilch lo juzgó también un hallazgo extraordinario en la historia del progreso humano, comparable con el descubrimiento de América. Hoy nos parece un hecho natural y justificado, la constancia de las tasas de nacimientos, matrimonios y defunciones, viendo en ello leyes naturales y números característicos de la especie humana. Pero en el siglo XVIII, todavía se interpretaba tal

regularidad como consecuencia de la intervención de poderes extraterrenos, terminando por llamar a ese orden, *Orden divino* de los acontecimientos humanos. Sussmilch aseguraba que «el mundo vivo «obedece a leyes fijas, lo mismo que el mundo físico» y que «las «acciones humanas del presente y del futuro, gravitan y se desplazan como los cuerpos celestes sobre trayectorias trazadas de ante«mano». El mismo orden divino descubierto en los demográficos, debía existir en los otros fenómenos de la vida humana, de la actividad social, y de los hechos históricos. En su entusiasmo Sussmilch llamó a Graunt el *Cristóbal Colón del orden divino* y encontró en sus observaciones elementos suficientes como para fundar una ciencia nueva. Al apercibirse en la prosecución de sus investigaciones de ciertos desacuerdos entre lo observado y lo previsto, quiso encontrar una explicación matemática de tales discrepancias, pues estaba convencido de que en el *orden divino* era imposible existiera una equivocación y se interrumpiese la marcha absolutamente regular atribuída a los fenómenos demográficos. Recurrió a las matemáticas y no conociéndolas lo suficiente se dirigió a Euler, considerado entonces como uno de los primeros sabios de Europa. Euler tomó en consideración diferentes hipótesis sobre el crecimiento de la población, explicando así las discrepancias, cuando las cifras de la población en años sucesivos tenían una «razón, relación o cociente» constante, o sea, cuando eran números en progresión geométrica. De aquí salió más tarde, por una aplicación exagerada de esta hipótesis, la famosa teoría de Maltus, que enfrentaba el crecimiento lineal, aritmético, de los recursos alimenticios, con el geométrico de la población, deduciendo de allí un desequilibrio alarmante reducido luego por los economistas modernos a sus verdaderos límites.

A mediados del siglo XVIII, el *orden divino* de Graunt y Sussmilch fué sustituído por el *orden natural* de Quesnay, y las famosas *leyes divinas*, por otras *leyes naturales* ampliamente desarrolladas por la escuela de los fisiócratas que las derivaron hacia explicaciones filosóficas sobre la voluntad y el libre albedrío. Pero si se transformó este concepto de Sussmilch, quedó en pie otra de sus ideas, precisamente la que ha dado luego origen al extraordinario desarrollo de la Estadística fuera del primitivo campo en que nació.

Sussmilch dió forma a la sugestión de que en la vida social y también en la vida moral, pueden observarse ciertas regularidades

que no ocurren en casos aislados sino en gran número de ellos. Es el concepto del « fenómeno colectivo » o de masa, con caracteres distintos del fenómeno aislado. Aunque un pequeño número de hechos se produzca con cierta irregularidad, un gran número de los mismos no presenta la misma irregularidad, sino otra muy distinta y tan atenuada que más bien es una regularidad característica del nuevo hecho constituída por el conjunto de todos los hechos aislados. Fué esta noción del fenómeno resultante del conjunto de los fenómenos aislados la que colocó a la Estadística en condiciones de constituir el método más apropiado para investigar los fenómenos que se repiten, o repetibles, cualesquiera que fueren, ya se tratase del nacimiento de una persona, del recorrido de un tren, de la medida de un ángulo o de la forma de una nube... De esto último se encarga la meteorología, registrando las veces que aparecen en el cielo los cirrus, mimbus y cúmulos...

Se comprende fácilmente, la expansión alcanzada por las aplicaciones de la Estadística, en cuanto se desligó del peso representado por la obligación de considerar exclusivamente fenómenos demográficos. Entretanto, la intromisión del número y las investigaciones que sirvieron para descubrir el orden divino, dejó rastros seculares, y no fué empresa fácil prescindir de su influencia: la *Aritmética Política*, de Petty, dió origen a la *Física Social*, de Quetelet, a la *Matemática Social* de Condorcet, a la *Aritmética Moral* de Buffon y a otras muchas tentativas de explicar los hechos sociales, aplicando leyes matemáticas deducidas de los datos numéricos suministrados por la Estadística.

Un curioso ejemplo es el que presenta Vico, famoso filósofo napolitano, quien a principios del siglo XVIII creó una *Nueva Ciencia*, para explicar la permanencia y la periodicidad de los fenómenos sociales, buscando en la historia donde es frecuente ver repetirse ciertos acontecimientos, el mismo orden divino encontrado en la demografía.

El astrónomo belga Quetelet, director del Observatorio de Bruselas, pensaba que la Estadística era « la ciencia del cálculo de los « casos y acontecimientos afines para deducir de ellos la ley de sus « regularidades o irregularidades », y tomando como « casos afines » los huesos del esqueleto humano aplicó a su estudio los métodos estadísticos midiendo millares de esqueletos, hueso por hueso, para deducir con los promedios de sus medidas al hombre tipo, que se-

gún Quetelet, sería aquel cuyo esqueleto tuviese todos sus huesos de dimensiones coincidentes con las de los huesos tipos que él determinó, pensando hallar así la representación perfecta del hombre belga de su época, en lo cual se equivocó grandemente, pues como según se demostró después, semejante hombre tipo sería el más raro de encontrar y el de existencia menos probable.

Pero de semejante análisis estadístico de huesos, si no quedó en pie el hombre tipo, resultó en cambio creada una nueva ciencia, la *Antropometría,* abriendo una ruta por la que siguieron trabajande Galton, Cournot y Pearl, y de la cual surgieron otras nuevas disciplinas como la *biometría* y la *biotipología,* fundamentales para las investigaciones de Gini, la creación de los tipos humanos longilíneos y brevi-líneos, la teoría de los temperamentos del fisiólogo italiano Pende, y otras muchas cuestiones de eugenesia y medicina social.

Hacia la misma época, primer tercio del siglo XIX, los estadígrafos sugirieron la probable existencia en demografía, de una ley análoga a la de Fletchner y Weber en psicología, según la cual, el incremento de sensación causado por el incremento de un estímulo excitador, es menor, cuanto mayor es la intensidad de la sensación ya existente. En demografía, se sospechaba también, que el aumento de la población correspondiente a un incremento de tiempo, es menor cuanto mayor es la población ya existente. Algo parecido a un capital colocado en caja de ahorros, al que se le reconociese un interés menor, conforme aumenta la suma formada por el capital más los intereses que van siendo capitalizados.

De acuerdo con esto, la población de un país, por más rápido que sea su crecimiento, debe tender a un cierto límite, estabilizándose en él. Un matemático belga, Verhulst, dedujo ya en 1838 la ecuación general de estas curvas de crecimiento a las que llamó « logísticas », sin poder verificar su exactitud, por falta de datos estadísticos exactos del tiempo pasado, y porque para el futuro, las verificaciones demandarían un tiempo excesivamente largo, estimándose en 25 años el lapso correspondiente a una generación humana. Para estudiar las leyes de la herencia y del crecimiento de las poblaciones, el hombre es un ejemplar incómodo, poco práctico.

Pero la exactitud de las leyes de Mendel había sido fácilmente comprobada en animales y vegetales cuya velocidad de reproducción es mucho mayor que la del hombre; y esto, junto con los

progresos de la genética, y la abundante técnica experimental suministrada por las ciencias médicas, trabajando con ratas y conejos para aclarar problemas de fisiología, herencia e inmmunización, decidieron a los investigadores a emplear la fauna de laboratorio para estudiar cuestiones demográficas. Los estadígrafos norteamericanos Pearl y Reed, eligieron las moscas, por constituir una población experimental fácil de contar, y que permitía una comprobación 325 veces más rápida, que si se observase sobre el hombre.

En junio de 1920, estos investigadores comunicaron a la Academia Nacional de Ciencias que el desarrollo de moscas « Drosophila », en un ambiente limitado, permitía comprobar como el hacinamiento influía desfavorablemente en la herencia de las facultades reproductivas. Colocadas las moscas y sus larvas en condiciones óptimas de alimentación, limitándose sólo el espacio disponible, el número del enjambre crecía según una ley coincidente con la curva logística deducida casi un siglo antes por Verhulst para las poblaciones humanas. Los hombres crecen como las moscas, bien que a velocidad menor, pues un día de vida de la mosca, equivale a 0,89 años de vida humana, aproximadamente a 325 días.

En la obra de Pearl, Estudios de Biología humana, figura calculada la curva de población relativa a los Estados Unidos, la que permite pronosticar para este país un máximo de 197 millones de habitantes en el año 2100. Hasta ahora, los 16 censos decenales celebrados en esa nación, se ajustan a la fórmula con discrepancias menores del 1 %, y la curva coincide con la del crecimiento de las moscas, lo mismo que las de otros países, Francia, Inglaterra, Italia, etc. En todos los casos, la concordancia es tal, que mediante un oportuno cambio de escalas, se las puede hacer coincidir, sobre un mismo gráfico.

Entre nosotros, ha efectuado estudios análogos el ingeniero Ludovico Ivanissevich en 1933, al calcular la capacidad a prever para la futura provisión de agua a la ciudad de Buenos Aires. La logística relativa a la Capital Federal, permite pronosticar siete millones y medio de habitantes para el año 2240. Y estas predicciones han de cumplirse, seguramente a juzgar por la exactitud con que se comprueban en las logísticas ya conocidas de más de treinta países y grandes ciudades. Hagamos honor a aquellos modestos investigadores del siglo XVII, verdaderos videntes, que ya calificaron el

crecimiento de la humanidad, como un fenómeno que sigue, al igual que los planetas, una ley y una órbita determinada.

Hemos dicho que la Estadística, como todas las ciencias, se renueva y amplía, en continua expansión. Como en los cuentos de las mil y una noches, agotado el interés de un capítulo, le sucede otro más fantástico. Puesto en marcha el concepto de poblaciones experimentales, se generalizó sin límites y cualquier conjunto de objetos fué tratado como una « población de objetos ». Colecciones o conjunto de objetos, fenómenos colectivos, hechos repetidos; todo es igual, con diferentes palabras.

Por ejemplo, los microbios. El crecimiento de las bacterias productoras de una fermentación; o el de los bacilos en un caldo de cultivo; o el de los gérmenes patógenos que infectan la sangre, se consideraron otros tantos problemas estadísticos; experimentándose con Bacilus Coli, Paramecius y Stafilococus, tomando precauciones especiales para eliminar la acción tóxica de los productos metabólicos se comprobaron diversas curvas del tipo logístico, que parece ser una ley general en Biología. Hoy se admite, por algunos, que la Biología, ha recibido una colaboración más valiosa de la Estadística que de la propia Biología.

Después de los microbios, las células: Un ser vivo, es una población de células y por lo tanto, su variación en tamaño y peso, es asimilable a un fenómeno demográfico. El desarrollo de un embrión, el crecimiento de un tejido, un órgano aislado o una parte del cuerpo, se prestan igualmente a ser objetos de estadística. Los bordes de una herida, son también una población de células, cuya proliferación, trata de cubrir la discontinuidad de la epidermis, y de ahí que la velocidad de cicatrización sea también un problema de estadística.

Después de las células, los átomos. Es bien sabido que la moderna mecánica quántica, ha dado al estudio de la materia un aspecto estadístico. Se empezó por la teoría de los gases, considerando la población de moléculas que los forman, y deduciendo la presión total como un promedio resultante del fenómeno colectivo integrado por las acciones individuales de las moléculas componentes de la masa de gas. Se ha seguido con los movimientos brownianos de las partículas y con los intrincados problemas de física nuclear planteados últimamente en el interior del átomo. En la presente aurora de esta edad electrónica, cuando falla el cimiento

de las teorías clásicas, los sabios no tienen más apoyo para seguir adelante, que aplicar Estadística a sus experiencias.

Y después de los átomos, las estrellas, que son también un fenómeno repetido. Hay millones y millones de soles repetidos en la hondura infinita del espacio sidereo. Con estos maravillosos objetos, el primer trabajo ha sido el de contarlos e individualizar sus características. Así se han elaborado, a modo de censos, los *Catálogos de Estrellas,* obras monumentales del esfuerzo científico del hombre, y en las cuales, para la zona del hemisferio austral, ha correspondido una brillante participación a nuestro Observatorio Nacional de Córdoba.

Con la extensísima información compilada, se logró descubrir relaciones entre las edades de las estrellas y la intensidad de su radiación luminosa, gracias a un tratamiento estadístico de los datos relativos a ciertos conjuntos estelares. Otra correlación interesante se estableció entre dos series numéricas, una de los espectros estelares y otra de las temperaturas. Y persistiendo en el manejo estadístico de cifras astronómicas, una mujer, Miss Leavit, estudiando en 1912 un conjunto de 25 estrellas variables del tipo llamado Cefeides, de las cuales conocía el término medio de su luminosidad y el logaritmo de su período de variación, evidenció la existencia de una regularidad estadística entre estos dos elementos. Shapley y sus colaboradores extendieron en 1925 el conjunto a 100 estrellas y comprobaron la ley, logrando un método para determinar la distancia a que se encuentran las nebulosas que contienen estrellas Cefeides, y extendiendo los cálculos a galaxias situadas a 50 millones de años luz de nosotros.

Y estos resultados, cuya investigación inició una mujer aplicando la pobre Estadística terrestre a la resolución de problemas planteados en el confín del universo, condujeron a conocer las distancias y velocidad radial deducida del movimiento de las rayas del espectro de unas 50 nebulosas. Colocados los datos numéricos en un gráfico, como los que comúnmente se dibujan para representar datos estadísticos vulgares, los puntos respectivos aparecieron dispuestos según una línea recta, la que indicaba, que en término medio, las nebulosas más alejadas se apartan de nosotros con una velocidad mayor proporcional a su mayor distancia. Más aprisa, cuanto más lejos, y ya dijimos que algunas se encuentran a más de 50 millones de años luz.

Y así fué como tan sencilla como inesperadamente, se descubrió el más extraordinario fenómeno que podemos imaginar: la expansión continua y acelerada del Universo, una verdadera explosión que lanza a millones y millones de soles, cada vez más adentro del misterio, más al fondo del celeste abismo, más allá de un límite de eternos infinitos.

Son muchos los astrónomos que han trabajado después sobre tan apasionante hecho. Slipher, del Observatorio Lowell y Hubble, del Monte Wilson, comprobaron la exactitud de la ley, en nebulosas cada vez más alejadas. Las galaxias, dice Eddington, no sólo huyen de nosotros, sino también se separan entre sí como si todo el Universo en conjunto sufriera una dilatación inmensa. En su huída, las nebulosas llevan camino de dispersarse y desaparecer en la oscuridad del vacío, colocándose fuera del alcance de nuestros telescopios. El Universo, decía Bacon hace unos siglos, es una burbuja, y la vida del hombre, dura lo que un suspiro. Hoy, Eddington agrega que el sistema estelar de las supergalaxias se está evaporando como una bocanada de humo.

Como se ve hasta el límite del Universo nos ha arrastrado el método estadístico, que en continua expansión de aplicaciones, terminó por evidenciar la expansión del Universo.

III

Pero entre tanto, no sabemos todavía en qué consiste la Estadística y cual es su verdadera esencia. Es inútil recurrir a los libros donde se la explica y define. Ya hace más de cien años que Rumelín acusó a los concurrentes de un Congreso Estadístico de que ninguno de ellos sabía lo que estaban tratando, desafiándolos a que la definieran. Este mismo autor, Rumelín, coleccionó en una de sus obras 62 definiciones, agregando luego la suya, última y entonces novísima, pero hoy, una de tantas, pues muchos otras han seguido apareciendo, hasta sobrepasar las 200. Naturalmente, con tan profusa floración de palabras, se impuso clasificarlas en libros donde se las expone en serie cronológica, por nacionalidad de autores, o alfabéticamente, por los conceptos básicos que emplean o el idioma en que fueron primitivamente redactadas, etc. Algunos de estos benedictinos coleccionistas de definiciones de la Estadística fueron el holandés Wilcox, Venijín, el inglés Blochk, y Loyo,

este último, mejicano. Pero los volúmenes respectivos son de difícil consulta, por tratarse de obras agotadas, aunque algunas, como la de Loyo, muy reciente, data de 1938. Es indudable que hay mucha gente con curiosidad de saber lo que es la Estadística.

Expondré a continuación antes de terminar algunas definiciones, eligiéndolas entre las más típicas y demostrativas de cómo se ha ido formando el concepto actual; y demostrativas también, del ímprobo trabajo que le cuesta a la humanidad, conquistar y concretar las nociones más sencillas.

En los siglos XVII y XVIII, la Estadística se preocupó de estudiar el conjunto de datos interesantes para la caracterización de una entidad política, tanto en cuanto a lo que es, como a la situación en que se encuentra. De ahí la definición ya citada de que era *la ciencia del estado del Estado.* En 1748, Achenwal la definía diciendo: *es la ciencia que tiene por objeto el conocimiento de las cosas públicas y el enseñar los medios para percibir las relaciones que hay entre ellas, siempre que sean dignas de notarse en cada país.*

Para Schlozer, en 1780, era *la ciencia que se propone conocer todos los objetos de que se compone el poder de un Estado.* Según Playfair, era *la descripción numérica de un país en un momento dado y respecto a determinadas características de su evolución y progreso.* Dedicada a estos objetivos, predominaban en ella las descripciones, lo que la aproximaba mucho a otra disciplina, formada de puro palabrerío, la historia; de aquí otra definición ingeniosa: *la estadística es la historia detenida y la historia la estadística continuada.*

En 1804, Schlozer la volvió a comparar con la historia, expresándose en forma más científica, al decir que *la historia es una estadística dinámica y la estadística una historia estática.* En 1806, Gross la clasificaba como « arte histórico ». Estas relaciones con la historia, aparecen también en otra definición de Sprengel, en 1798: es la *ciecia histórica que describe de una manera exacta y compleja, el estado actual o pretérico de un pueblo.*

De igual fecha, 1798, es una notable definición de Sinclair: *La Estadística es la investigación sobre el Estado de un país con el objeto de apreciar y calcular el grado de felicidad gozada por los habitantes y los medios de su futuro mejoramiento.*

Esta indicación concreta de la felicidad de los habitantes era el

modo habitual usado entonces para referirse a su estado económico, preocupación que empezaba a señalarse.

A principios del siglo XIX, las definiciones se tornan ya un poco más generales: en 1804, la de F. Gross era: *la Estadística es la ciencia que demuestra el poder físico y júrídico de un Estado y su constitución interior.* La mención de poder físico y constitución interior presupone que además de las descripciones, debe ocuparse de la vida social y conómica de los países. En 1805, Donant, agrega algo nuevo: *es la ciencia que estudia las fuerzas físicas, morales y políticas de cualquier país.* Aquí aparecen las fuerzas morales, explícitamente mencionadas. En 1808, De Luca la define como *el conocimiento perfecto del estado actual de aquellos hechos que se relacionan con el bienestar de las poblaciones y de sus diversos aspectos particulares*; el bienestar de las poblaciones y por lo tanto de las personas que las forman va quedando así incorporado a las finalidades de la Estadística, que abandona su primer carácter puramente administrativo y político, enriqueciéndose con aspectos morales y económicos.

Se recuerda una definición de Napoleón Bonaparte que en 1812 expresaba con exceso de síntesis que *la Estadística es el presupuesto de las cosas,* dando a la palabra presupuesto, probablemente, el significado de inventario, o recuento numérico, lo que no avanza nada sobre lo anterior. En 1826, Melchor Gioja, autor de una *Filosofía de la Estadística*, agrega a la finalidad descriptiva la noción de método investigador, aunque siempre limitada al aspecto político de los países: *la Estadística,* decía, *es el conocimiento razonado de las normas generales necesarias para investigar; de las fuentes de información a que recurrir; de los síntomas que hay que reconocer; de los principios para juzgar, y de los usos para que sirven los elementos relativos al estado de las naciones.* Aunque no en forma clara, expresa la idea de investigar, y menciona que hay síntomas a reconocer, para el estudio del estado de una nación.

En 1834, von Schliefen reúne los conceptos anteriores, al expresar que la *Estadística es la exposición científica de las situaciones que en cualquier Estado tienen una relación estrecha con la economía nacional y por lo tanto, con el bienestar general.* Como vemos, se destaca cada vez más la tendencia hacia el aspecto económico.

En 1844, la definición de Blum, sugiere una vinculación nueva: *la estadística tiene por objeto estudiar las relaciones que existen*

entre lo estable del territorio y la variable de las poblaciones; este concepto es más apropiado para caracterizar la sociogeografía que la Estadística: lo estable del territorio, sugiere la idea de « espacio vital ».

Podríamos exponer muchas otras expresiones, aparecidas en toda la primera mitad del siglo XIX, en las cuales la Estadística conserva su carácter principalmente descriptivo, de cuestiones relativas, en primer lugar al gobierno de las naciones, incluyendo accidentalmente el estudio de los fenómenos económicos, pero todavía en forma muy vaga. El progreso es lento, porque como ya dijimos, le ha costado mucho a la humanidad conquistar las nociones sencillas.

En 1852, John Hain dice que *es una ciencia práctica que descubre las leyes de acuerdo con las cuales se determinan los fenómenos sociales y del Estado expuestos en cifras.* Se empiezan a citar los números en las definiciones.

En 1858, Von Mohl sostiene ya que *la estadística puede servir para investigar las causas fijas y las leyes naturales de los fenómenos variables, con el fin de que los datos sean utilizables por los gobiernos, así como por la ciencia en general.*

La última frase hace profundamente interesante la definición de von Mohl, que habla de causas, de leyes y de datos aprovechables por la ciencia en general, independizándose a la vez del aspecto político y de la tendencia descriptiva. Con razón se ha dicho de ella, que es una definición crepuscular, con todas las sombras del pasado y las luces de un porvenir que rápidamente se está haciendo presente.

En 1863, Rumelín decía que *la Estadística sirve para describir las características de la Sociedad humana, en base a observaciones metodológicas y de enumeraciones de fenómenos similares.* Se insiste todavía en referirla a hechos únicamente de la Sociedad humana; como novedad señalemos la enumeración de *hechos similares,* germen que originará más tarde el de *hechos colectivos.*

Pero ¡cuántos tanteos, digresiones y ensayos mal orientados fueron propuestos y defendidos, antes de encauzar el concepto hacia lo que es hoy! Por ejemplo, John Fallati, a mediados del siglo XIX, decía: *la noción de lo real es el método del cual se sirve la Estadística, porque una parte de la realidad se encuentra en los hechos y otra parte, en las leyes de los fenómenos.* Se vislumbra

el esfuerzo para mejorar la dialéctica pero no se acierta aún con la frase oportuna.

Se quiere hablar de causas y efectos, pero no se consigue expresarlo. Brouvere mejora algo las definiciones antriores, diciendo: *la estadística es la ciencia que estudia los hechos producidos por la acción de las fuerzas naturales y de la vida humana, en un medio social: los resultados de esta acción en la sociedad y los fenómenos constantes o periódicos que se producen en el medio social, determinados por esta acción.* Aunque en forma confusa, deja entrever lo que después se ha llamado *regularidades estadísticas.*

Sería muy largo, aunque muy ilustrativo agregar más definiciones para seguir en ellas la evolución de los conceptos que se han ido incorporando hasta alcanzar el estado actual. Señalaremos únicamente, por brevedad, que se fué abandonando el aspecto político y social, ocupando su lugar una preocupación numérica.

Así, en 1847, Moreau de Jonnes decía: *es la ciencia de los hechos sociales, expresada en términos numéricos.* Según Messedaglia: *es la ciencia de los hechos sociales y de sus leyes, deducidos y expresados por grupos de cantidades homogéneas*; la de Dufau: *es la ciencia que enseña a deducir, de términos numéricos, las leyes de sucesión de los fenómenos sociales.*

Otro autor, escribía, con más generalidad: *es el método conveniente para el estudio de cualquier hecho, cuyo conocimiento sea de interés, de observación posible y de expresión numérica.*

La de Majorana: *es la ciencia de la cantidad de los hechos.* Otras análogas son: *la Estadística tiene por objeto la determinación numérica de la frecuencia con que se presentan los hechos; es la doctrina de las frecuencias; es la ciencia de los grandes números; es el método experimental aplicado numéricamente.*

Estos conceptos ya los había expresado Roscher con más ingenio, años antes, cuando aun se insistía en la tendencia política y administrativa, diciendo: *la Estadística es la teneduría de libros de las naciones.* Efectivamente, aun hoy, para muchos es una especie de contaduría por partida doble; en la población, el debe y haber corresponde a nacidos y muertos; importaciones y exportaciones, sembrado y cosechado, etc., son otros tantos conceptos de debe y haber.

De seguir por este camino se hubiera progresado poco, pues la estadística venía a depender del progreso de la aritmética. El cambio fundamental, se obtuvo con la introducción del concepto rela-

tivo a los fenómenos de masa, al estudio de conjuntos de cualquier naturaleza. Aparece en la definición de Alfredo Nicéforo, larga y difusa, pero con la cual se inaugura el grupo de definiciones modernas. Decía Nicéforo: *la Estadística tiene por objeto reducir grandes masas de observaciones expresadas con medidas o con atributos efectuadas sobre grupos homogéneos de objetos o sobre manifestaciones simultáneas o sucesivas del mismo fenómeno, a unos pocos pero eficaces valores que pueden llamarse característicos o signaléticos de la masa a que se refieren. Tales valores sirven para indicar el estado y las variaciones de la masa observada, permitiendo descubrir reglas fijas aun dentro de la aparente irregularidad con que se presentan los elementos componentes en las masas observadas.*

Con más brevedad Galton expone que *la Estadística condensa los datos concernientes a un tupido grupo de hechos homogéneos, en expresiones breves y compendiosas.* Aun más sintético, Pearl dice que *es un método descriptivo pero no de casos aislados, sino de un grupo entero de fenómenos, mediante características constantes.* Y Yule opina que *es el estudio de los fenómenos de masa, ya sea que esta masa resulte de la repetición de varios fenómenos distintos pero comparables, o de un mismo fenómeno.*

Ha sido esta noción de fenómenos de masa, o colectivos, o colección de hechos, lo que permitió a los estadígrafos extender sus aplicaciones a las poblaciones experimentales como ya expusimos y a muchos otros campos que no hay tiempo de señalar; por ejemplo, a la crítica literaria, definiendo la riqueza del estilo de un escritor por el número de vocablos distintos que emplea en 1000 palabras; por la proporción de verbos y adjetivos, o de monosílabos, etc.

El progreso siguiente, modificó la calificación de los hechos observados: en vez de fenómenos colectivos, o de masa, se dijo: *la Estadística es el estudio de los fenómenos atípicos.* Y está bien; porque si los fenómenos son típicos, normales, sean o no colectivos o el resultado de una masa, se producen siempre lo mismo y su tipicidad excluye la obligación de hacer estadística para estudiarlos. Lo anormal, lo raro, lo imprevisto, lo caprichoso, lo patológico, resultan ser el material más propio para hacer estadística, que extiende así su dominio a la psiquiatría, la criminlística y la medicina.

Todavía cabe señalar una última definición que avanza sobre lo anterior y nos encarama a un punto desde el cual el horizonte de

las aplicaciones estadísticas, que parecía agotado, experimenta una nueva expansión. Hoy se opina que la Estadística, *es el método apropiado para estudiar los fenómenos que escapan al determinismo!*

Repitámoslo; fenómenos que escapan al determinismo! Nada más; pero esto nos enfrenta con el problema del determinismo, vinculado a los enigmas del libre albedrío, de los grados de libertad, del instinto, de la inercia en la materia muerta, y de la herencia en la materia viva.

La distinción que el determinismo establece entre los varios fenómenos que se producen a nuestro alrededor, es bien clara, desde el punto de vista estadístico. Si tengo en la mano una moneda, y la suelto, la moneda caerá siempre, sin excepción, no tengo que hacer estadística de las veces que cae. Si se trata de varios dados dentro de un cubilete, los podré volcar sobre el tapete dándole una apropiada inclinación; son fenómenos absolutamente determinados. Si enfrío una solución hasta el punto de cristalización de la sal disuelta, veré infaliblemente aparecer la lluvia de cristales; si aproximo un trozo de hierro a un imán, no hay duda de la trayectoria que va a seguir. En todos estos casos hay una ley física o química que regula y permite predecir el acontecimiento. Hay determinismo y esto excluye la necesidad de la Estadística.

Pero volvamos a considerar estos fenómenos en detalles donde no hay determinismo, y veremos aparecer la Estadística.

En el ejemplo de la moneda, si quiero saber si cae cara o cruz, y en el de los dados, si deseo conocer las veces que sale cierto número de puntos, tendré forzosamente que hacer varias experiencias, y elaborar la estadística respectiva. Si en un lugar se conoce la densidad, temperatura, humedad y presión barométrica del aire y quiero saber las veces que las gotas de agua se condensan en copos de nieve, estaré obligado a contentarme con datos estadísticos, lo mismo que si lanzo una flecha contra un blanco; sólo al cabo de anotar varias pruebas conoceré algo de mi puntería.

Todos estos ejemplos nos muestran que hay un campo de fenómenos determinados por leyes físicas o químicas, condensadas en teorías, fórmulas y ecuaciones. Más allá, no tenemos para conocer algo de los fenómenos, mas que series de experiencias y cuadros estadísticos.

Pero hay dos clases de estos fenómenos que escapan al determinismo: los que escapan hoy, pero que tal vez mañana lleguen a ser

determinados gracias al adelanto de la ciencia, y los que seguirán escapando continuamente desafiando siempre nuestra curiosidad, y para los cuales no nos quedará más remedio que seguir haciendo Estadística. Citaré como ejemplos los *eclipses* que debieron parecer a los observadores de los pueblos prehistóricos acontecimientos imprevistos, augurios funestos, avisos de la ira o el enojo de los dioses; e hicieron de ellos estadística cronológica, llegando a determinar el período « *saros* » de 18 años, aproximadamente, después del cual se repiten con regularidad. Hoy los predecimos al centésimo de segundo. Las *mareas*, un flujo irregular más que agregar al eterno vaivén de las olas, y hoy encuadrado en teorías bien comprobadas. Aunque sean fenómenos complicados no hacemos estadística de la nota que va a dar una cuerda vibrante según el punto en que se la presiona, ni de las figuras que forma la arena sobre una placa cuando se la golpea en un borde. En cambio, tenemos que hacerlas sobre las lluvias, los terremotos o los ataques epilépticos de un enfermo. Son efectos que obedecen a un gran número de causas. El no conocerlas bien aún, nos obliga a elaborar estadísticas meteorológicas, sísmicas y médicas.

¿Pero logrará descubrir nuestra razón el porqué de todos los fenómenos? ¿Llegará a estar determinado todo a nuestro alrededor? Entonces, ya no habría que hacer experiencias ni Estadística. Y viviremos en un mundo sin sorpresas, sin curiosidad, sin esperanzas y sin fe.

Confío en que no llegará nunca la humanidad a esta deplorable quietud. Precisamente, la historia de todas las ciencias nos demuestra una inacabable extensión de los misterios que nos rodean. La naturaleza parece complacerse en crearnos problemas, más aprisa que crea los hombres capaces de resolverlos. Nuestra presuntuosa ciencia está en perpetuo déficit ante lo desconocido.

Sólo habría un punto final, si el indeterminismo de lo que estudiamos fuera de esencia cuantitativa, pero no si es cualitativa.

Más claro; si depende de la cantidad de variables a observar y de los datos a conseguir, por muchos que sean el problema es resoluble, pues no hay límite a los procedimientos mecánicos de cálculo y a los métodos automáticos de observación; pero si depende de la calidad del razonamiento necesario, es posible que se trate de una calidad extra humana, más allá de lo concebible por nuestra razón y entonces tendremos que conformarnos con no descubrir nunca sus

leyes finales y seguir haciendo Estadística. Los temas fisiológicos tal vez podamos determinarlos íntegramente; los biológicos y los psicológicos creo que permanecerán siempre más allá del determinismo.

Sin ir tan lejos, aun dentro de los fenómenos puramente físicos en el momento actual, en la aurora de la era electrónica, se ha tropezado ya con un inesperado caso de indeterminismo, lo suficientemente grave, como para poner en jaque los fundamentos de la ciencia. Me refiero al principio de indeterminación de Heisenberg, expuesto por este autor en 1929.

No es este el momento de detenerse a explicarlo; baste decir que Heinsenberger demuestra que en la mecánica cuántica no es posible determinar el comportamiento futuro dé un electrón, aunque se conozcan las coordenadas de su posición en el espacio y la cantidad de movimiento, energía, o fuerza viva que posea; porque para fijar su posición con menos error, hay que alumbrarlo con luz de menor longitud de onda, y ésto, entonces, aumenta la energía del electrón y por lo tanto el error con que pueda medirse esta energía. Como el producto de estos dos errores debe ser menor o igual que la constante universal de Plank, se deduce que cuanto más exactamente conozcamos la posición del electrón, más erróneamente mediremos su energía, y viceversa, y el futuro del electrón será peor conocido, cuanto más exactamente fijemos uno de estos elementos.

En resumen, en la física del mundo nuclear, no hay determinismo sino probabilidad, y por lo tanto, se abre un nuevo campo para la aplicación de la Estadística.

IV

Detengámonos aquí y conservemos esta última impresión. El mundo de lo misterioso, continúa ensanchándose ante nosotros, lo mismo hacia el interior del átomo, que en el remoto confín del Universo, donde las nebulosas se expanden. No parece existir ni fin ni límite a estas ampliaciones.

Hagamos lo mismo con nuestra virtud, procurando superarnos todos los días. Propongâmonos construir un mundo moral, pleno de paz y de amor, donde tampoco tenga fin ni límite la felicidad.

Si las ciencias se amplían y el Universo se expande, sigamos ese ejemplo, hagámonos dignos de esas ciencias que hemos creado y

del Universo que vivimos. Renovemos en cada jornada nuestro entusiasmo por el estudio y el trabajo, para forjar así, entre todos, una humanidad triunfante, cuya misión excelsa consista en admirar a los artistas permanentes creadores de nuevos ritmos para enaltecer la belleza; en bendecir a los hombres buenos cuya humildad rebalse cada día en más amplias obras de caridad, desprendimiento y justicia; y en glorificar a los sabios, que vivan su vida, haciendo de la investigación de la verdad, un ideal, en continua expansión.

LA FUNDACION DE LA SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA. EL MOMENTO. LOS HOMBRES. SU SIGNIFICADO HISTORICO

POR EL

DR. L. A. PODESTA COSTA

Conferencia pronunciada en la Sociedad Científica Argentina el 30 de Julio de 1947.

La Sociedad Científica Argentina me ha hecho el alto honor de invitarme a ocupar su tribuna al celebrar el 75° aniversario de su fundación; honor inmerecido por lo que a mí respecta si no fuese que la Sociedad, conociendo cuánta fué la vinculación que mantuve con el doctor Estanislao S. Zeballos durante las dos últimas décadas de su vida, cuánta la amistad, la simpatía y la confianza con que me distinguió en la cátedra y en el servicio público, en el estudio profesional y en su hogar, ha querido honrar la memoria de su fundador invitando al discípulo, al colaborador y al amigo a ocupar la tribuna que hubiera correspondido al maestro. Con esto, señor Presidente, el honor se ha hecho doble para mí y más grande es la gratitud que debo expresaros.

El 28 de Julio de 1872 quedaba fundada y establecida en esta ciudad la Sociedad Científica Argentina. La iniciativa de crear esta institución, según lo demuestran las actas originales, había partido de Estanislao S. Zeballos, un joven de dieciocho años que entonces cursaba el primer año de estudios de la carrera de ingeniería y era a la vez estudiante de derecho. Algunas semanas antes, Zeballos había expresado a Justo R. Dillon, estudiante de cuarto año de ingeniería, la conveniencia de fundar una sociedad que sirviera de centro de unión y de trabajo a las personas que desearan fomentar el desarrollo de las ciencias y de sus aplicaciones. Acogida la idea y realizada una reunión en día domingo con otros estudiantes, Zeballos presentó un proyecto de bases y se resolvió constituir una co-

misión provisoria, que sería presidida por el ingeniero Rosetti, e invitar a los ingenieros, agrimensores, químicos y demás personas que se dedicaban a las ciencias a una asamblea que se realizaría el domingo 30 de Junio en la Universidad. En ésta y otras dos reuniones dominicales, a las que asistió una veintena de personas, se discutió y aprobó el reglamento de la Sociedad, en el cual se expresaba que ella tenía por objeto fomentar el estudio de las ciencias matemáticas, físicas y naturales, con sus aplicaciones a las ciencias, a las artes, a la industria y a las necesidades de la vida social, y estudiar las publicaciones, inventos, mejoras científicas y especialmente las que tuvieran aplicación práctica en la República. Una semana después — el 28 de Julio — quedaba instalada la Sociedad designando al ingeniero Luis A. Huergo como presidente.

La Sociedad nació para cultivar la ciencia pura y también sus aplicaciones prácticas, especialmente en lo que interesaba al país. Tales propósitos eran tan fundamentales como nuevos entre nosotros; y, por más que algunos pudiesen considerarlos excesivamente ambiciosos, ya veremos cómo y por qué prosperaron. Pero antes de entrar en este terreno quiero señalar ciertos hechos significativos.

La Sociedad Científica Argentina es la obra de un grupo de jóvenes estudiantes, que lanzan la idea y la propagan sustrayendo días al descanso; cuando la ponen en marcha, colocan en el sitial de honor y de responsabilidad al más venerado de sus maestros: el ingeniero Rosetti; la concretan asociando a los hombres que ya habían comenzado a destacarse, y todos juntos, cuando realizan la idea inicial, ponen la obra en manos del ingeniero Huergo, sin duda porque era el primer argentino que se había diplomado de ingeniero en una universidad argentina. Era aquélla una hermosa conjunción de entusiasmos juveniles, de devoción al maestro, de colaboración entre los que ya habían llegado y los que apenas se iniciaban, de comunidad laboriosa y activa, sin preferencias ni exclusiones, sin egoísmos de círculos ni de edades, sin intolerancia en las ideas. Ese acto, realizado por un puñado de jóvenes y de hombres maduros, surgía entre otros muchos como una manifestación de un nuevo estado de espíritu colectivo, que había hecho posible la unión nacional y preparaba ya su construcción definitiva.

El país había pasado por cuarenta años de confusión y de dolores: una década de anarquía; veinte años de dictadura y su secuela la tiranía, y finalmente la división interna en dos fracciones polari-

zadas alrededor de Paraná y Buenos Aires. Pero en 1860 se había realizado el gran milagro, el que todos, aun los más recalcitrantes, esperaban ansiosos. La Carta fundamental había sido jurada por todos los argentinos y la República quedaba definitivamente constituída. Los cimientos estaban asentados; pero había que construirlo todo, las instituciones y el país mismo.

Correspondió a la presidencia del general Mitre, no obstante la tremenda sangría que el país sufrió durante cinco años de guerra en el Paraguay, echar las primeras bases legislativas y educacionales: preparar los códigos que habían de establecer las normas fundamentales del derecho; dictar las leyes de organización de los tribunales que habían de asegurar la justicia y erigir los colegios nacionales que debían formar la nueva generación destinada a la Universidad, ya reconstituída. Alcanzada la paz y organizado lo esencial, la inmigración europea afluía en número creciente. El sueño de Alberdi comenzaba a realizarse. Y luego vendría Sarmiento a arremeter contra la ignorancia y la barbarie; pero no ya desde el destierro o en la adversidad, como lo había hecho con su ejemplo y con su pluma, sino desde la cima del gobierno, desparramando profesores normales, escuelas y maestros de primeras letras.

Sin duda, había de requerirse todavía largo tiempo para desarrollar y mejorar las instituciones políticas; pero lo esencial estaba logrado una vez que se las había implantado sobre la base de la república federal y democrática. La necesidad de civilizar al país, de entregarlo a la vida civil, esto es, al trabajo y a la cultura, exigía, como Alberdi y Sarmiento lo habían reclamado con ahinco, poblar el vasto territorio y educar a las masas. Pero ni las instituciones políticas, ni la población no se habían creado por obra de encantamiento; para asegurar su vida y su desarrollo era menester esparcirlas al aire libre, difundirlas en todo el territorio, y éste era una inmensa heredad indefinida e inculta.

En aquella época, el territorio de la República estaba formado, ciertamente, por la Capital y las catorce provincias, pero aquélla y éstas no eran sino las poblaciones que se había ido erigiendo a lo largo de las rutas coloniales y en dirección al Alto Perú: Buenos Aires, con su desamparado puerto; Santa Fe, Entre Ríos y Corrientes, á uno y otro lado de la vía fluvial que conducía a Asunción; en la región mediterránea, la franja de tierra que pasando por Córdoba, Tucumán y Salta llevaba a Potosí, al pie del Cerro

de Plata; y al occidente las provincias de Cuyo, que hasta la erección del Virreinato habían dependido de Chile. Tanto la Capital como las provincias eran núcleos dispersos y separados por distancias que se medían, antes que por leguas, por las largas semanas y días que las carretas y las diligencias tardaban en alcanzarlos.

Buenos Aires era un modesto caserío que desde la Plaza de la Victoria se extendía algunas cuadras hasta perderse en la llanura: apenas llegaba, hacia el Oeste, a las actuales avenidas Callao y Entre Ríos, y hacia el Norte y el Sur parecían ser sus límites naturales los zanjones abiertos por las lluvias que desembocaban en el río a la altura de lo que hoy llamamos Córdoba y Chile. En la Boca del Riachuelo apilábanse cueros, lanas, sebo y tasajo, los « frutos del país » que se exportaban; y alrededor de esas « barracas » levantábanse humildes viviendas de madera que albergaban a una muchedumbre abigarrada de marineros y pequeños comerciantes. Buenos Aires era el punto de arribada de goletas y bergantines sardos, ingleses y norteamericanos; pero en realidad no había otro puerto que un fondeadero, abierto a los vientos del río, en donde anclaban aquellas embarcaciones para que pasajeros y mercaderías descendiesen en lanchas y en carros hasta alcanzar el muelle de madera que se apoyaba en la Aduana. Las plazas de Retiro, Once de Septiembre y Constitución eran los campamentos de las « tropas de carretas » que iban y venían de la campaña, que llevaban y traían mercaderías de las provincias del Norte o de Cuyo, siguiendo durante largas semanas y aun meses, a modo de camino, las huellas que ellas mismas habían trazado con sus grandes ruedas en el suelo blando de las pampas. Algunas líneas férreas habían comenzado a tenderse, pero apenas llegaban en conjunto a pocos centenares de kilómetros. Y si las comunicaciones eran escasas y deficientes, peores aun eran las condiciones sanitarias. No había más agua potable que la de los pozos y algibes en los patios de las viviendas y la que los « aguateros » extraían en la playa del río para venderla por las calles. El tifus y la viruela eran plagas constantes. En 1868, el cólera azotó la población de la Boca; y tres años después una terrible epidemia de fiebre amarilla, que se inició también en aquella zona, se extendió rápidamente por la ciudad, diezmando a la población.

El medio físico era ingrato y parecía estéril. Pero muy distinto era el ambiente moral. La ciudad, aislada por la inmensa llanura de las pampas y hacia el otro lado por la inmensa llanura del río, era una población solitaria y pobre; pero el temple de su espíritu, que había hecho de ella el paladín de la Reconquista, cuando las invasiones inglesas, y en seguida el paladín de la Independencia, vibraba con renovado vigor desde que la libertad había sido alcanzada y la República estaba constituída. Los fundadores de la Sociedad Científica Argentina eran hijos de ese ambiente. Lo revela el hecho de su fundación en aquel medio y en aquellos momentos, y lo demuestra también la orientación que dieron a la Sociedad en los primeros tiempos.

Los fundadores se consagraron, ante todo, a proveer a las exigencias primordiales, a trabajar por la salubridad, la construcción del puerto y el desarrollo de las comunicaciones; y más aún, se pusieron al servicio de intereses nacionales aun más altos, que eran la exploración de las pampas y de la Patagonia, su conquista definitiva para la civilización y para la República. En esa adaptación a las necesidades del medio y de su tiempo, que mantuvieron cuando también se empeñaron en investigaciones científicas de otro orden, y en el entusiasmo y la perseverancia que pusieron en su empresa, está el secreto de su éxito.

En 1875, los veinticuatro socios fundadores tenían un hogar intelectual que congregaba a un centenar de asociados. Allí se reunían los maestros de la Universidad — no pocos venidos del extranjero para enseñar las ciencias exactas, físicas y naturales — y con ellos colaboraban sus flamantes discípulos, ingenieros, médicos, químicos y estudiantes. Presentábanse memorias sobre tal o cual tópico y se las discutía a la manera de las *debating societies*, que en las colectividades anglosajonas sirven de modo tan característico como simpático a la cooperación social; realizábanse excursiones y visitas a determinados establecimientos y se redactaba un informe para conocimiento de los demás asociados; encomendábase a tales o cuales miembros de la Sociedad realizar un viaje de estudio para esclarecer ciertos hechos de interés científico; y cuando los poderes públicos solicitaban el asesoramiento de la institución, se dictaminaba sobre tales o cuales inventos o iniciativas. Y es así como Huergo plantea desde el primer momento el problema de la construcción del puerto de Buenos Aires, sobre el lugar y la forma de

realizarlo; se analizan las aguas y se patrocinan perforaciones; se visitan los talleres de la fundición de tipos de imprenta de don Santiago Estrada, las obras del canal de San Fernando, la isla de Martín García, el río Matanzas, los talleres del F. C. del Oeste; se organizan exposiciones y celébranse concursos sobre temas de interés científico y de importancia práctica; y es interesante anotar que en 1875, en aquella « gran aldea » que apenas tenía algunas cuadras adoquinadas de granito, el ingeniero Julio Lacroze, refiriéndose a la mejor utilización de las materias primas del país, presenta la idea, que años después había de realizarse, de emplear las maderas duras en la pavimentación de las calles.

Zeballos, el joven fundador, era el secretario de la Socsiedad. En todo está presente y actúa: no sólo redacta notas, comunicaciones e informes sino que es el promotor infatigable, el constante propulsor de nuevas mejoras: en 1875, deseando fomentar el estudio de la paleontología y de la arqueología, propone y obtiene la creación de un museo, cuya dirección se confía a Francisco P. Moreno; al año siguiente presenta un detallado estudio sobre la conveniencia y la posibilidad de crear los « Anales de la Sociedad Científica Argentina », y esa iniciativa, que fué adoptada, ha permitido conservar y difundir los trabajos de la institución en los 143 volúmenes publicados sin interrupción hasta el presente.

Pero un nuevo y grave problema se agitaba en el ambiente: la « cuestión frontera ». Con ese nombre específico señalábanse en realidad dos problemas: la existencia de una frontera interna con los indios de las pampas, frontera insegura y movediza que apenas encubría la amenaza constante de los « malones » vandálicos que asolaban con frecuencia a las poblaciones indefensas de las campañas; y otro problema, no menos grave, que era la necesidad de definir la frontera exterior, de delimitar el territorio de la República, especialmente hacia el oeste y el sur, porque si bien la Constitución chilena de 1832 indicaba como límite la Cordillera, lo cierto es que Chile, establecido ya en Valdivia y en Punta Arenas, nos disputaba la Patagonia. Uno y otro problema, con ser sustancialmente distintos, hallábanse íntimamente ligados, pues no podía resolverse la cuestión de los límites con Chile mientras las pampas y la Patagonia permanecieran bajo el dominio de los indios.

Quiero referirme especialmente a la « cuestión frontera » porque la acción de la Sociedad Científica Argentina respondió noblemente a ella, sirviendo una vez más a las exigencias nacionales.

Al sur del río Salado extendíase el « desierto ». La pampa y la Patagonia eran el « desierto » por lo inmenso, por lo desconocido, por lo estéril, por las terribles sorpresas que escondía. Nadie sabía a ciencia cierta qué había en aquellas extensiones. El misterio había creado la leyenda de que allí se encontraba la fantástica « Ciudad de los Césares ». La verdad era penosa, pues demostraba a cada instante que allí latían las asechanzas de los salvajes.

A la caída de Rosas, la frontera con los indios podía ser señalada por una línea que partiendo del extremo oriental de las sierras de la provincia de Buenos Aires corría hacia el noroeste en dirección a Las Flores y 25 de Mayo, cruzando luego por el sur de la provincia de Santa Fe, y por la parte media de las provincias de Córdoba, San Luis y Mendoza. Aquella era una línea imaginaria, constituída tan sólo por una serie de puntos dislocados, que eran los « fortines », colocados a algunas leguas de distancia unos de otros. El « fortín » era un rancho o una tienda que albergaba a pocos soldados, protegidos por un reducto de tierra de dos metros de altura, al cual rodeaba un foso de análoga profundidad. Allí vivía un puñado de hombres con sus caballos, para vigilar incesantemente el desierto y resguardar las poblaciones indefensas.

Durante los últimos tiempos del Coloniaje, Areco, Mercedes y pocos « fortines » más sobre la margen del Salado eran suficientes para impedir que las oleadas bárbaras desbordaran sobre la ruta que unía a Buenos Aires con las provincias del interior. Medio siglo después los « fortines » habían sido trasladados al sur del río Salado. Sólo en 1877 la línea imaginaria de aquella frontera corríase hacia occidente: pasaba ya al oeste de Olavarría, envolvía a Bahía Blanca y en su parte media encerraba a Carhué, que por sus condiciones naturales y especialmente por sus pastos y aguadas había sido el centro más poderoso, la posición más sólida de los caciques principales. Al oeste de la nueva línea comenzaban los médanos y dunas, las tierras secas y salitrosas, los campos que no alimentan al ganado; y los indígenas, desalojados de sus principales recursos en el sur de la provincia, debían trasladar sus tolderías muchas leguas más adentro. Se había dado un fuerte golpe a

los « malones », que dos años antes habían llevado un tremendo asalto a una vasta zona, desde Tapalqué a Bahía Blanca, matando 500 cristianos, llevándose 200 cautivos y 300.000 cabezas de ganado. Pero el problema no estaba resuelto. Los indios lanzaban sus asaltos, intermitentes pero implacables, a través de los « fortines ». En 1872 —el año en que se fundaba la Sociedad Científica Argentina—, Junín, que era ya una población floreciente situada lejos de los « fortines », sufría el asalto de un « malón » llevado por el terrible cacique Pincén; los guardias nacionales de Junín, que eran un grupo de paisanos, saltaron a caballo y partieron al mando de su jefe, don Ataliva Roca, siguiendo la huella de los bárbaros hasta castigarlos duramente. En ese mismo año Rosario era también asaltada por los indios. Con excepción de la Capital, todas las poblaciones de la provincia de Buenos Aires así como las del sur de Santa Fe, Córdoba y San Luis, vivían sobresaltadas por el temor, ante la amenaza inminente de la matanza, el incendio y el saqueo.

El problema no estaba resuelto porque el método era deficiente. Los « fortines » avanzaban paso a paso, como los peones en el tablero, pero eran incapaces de definir por sí solos la partida. En tiempos de la Colonia, tratábase únicamente de resguardar la franja de tierra que servía de ruta desde Buenos Aires hacia Santa Fe. Los innúmeros ganados que vagaban en las pampas no eran una riqueza que hubiese que proteger; con excepción de unas pocas leguas hacia el sur de Buenos Aires, que proveían a la ciudad de carne, sebo y cueros en abundancia, el resto no contaba. La agricultura no existía, y el trigo que se consumía en la ciudad venía de Chile en carretas mendocinas. Pero ahora el país había dejado de ser una colonia administrativa, destinada a conservar en manos del monarca el puerto y el corredor que conducía a las minas del Alto Perú. El país era independiente y estaba abierto al comercio de todas las naciones. Para vivir a sus expensas debía exportar los « frutos del país » y necesitaba introducir tejidos, artefactos, mercaderías manufacturadas. Todo ello sería, sin duda, consecuencia natural y a la vez efecto de la población y de la cultura. La inmigración y las escuelas podrían ser difundidas por los campos a medida que avanzaran los ferrocarriles; no era empresa difícil tenderlos en aquel suelo llano, sin accidentes, sin grandes ríos, sin montañas insalvables, en aquel suelo fértil que prometía brindar grandes riquezas al esfuerzo y al trabajo, y los ca-

pitales extranjeros estaban dispuestos a afrontar la empresa en aquella época en que los caminos de hierro se extendían por el mundo con ritmo acelerado. Pero la verdad es que ni los hombres, ni las escuelas, ni los ferrocarriles, ni el trabajo podían avanzar en el desierto acosado constantemente por los bárbaros.

En 1867, el Congreso Nacional había dictado una ley disponiendo la ocupación del « desierto » hasta la línea del río Negro. Desde fines del siglo XVIII, algunos funcionarios de la Colonia habían recorrido sus márgenes. España sentíase alarmada por el visible interés que despertaban en Inglaterra las revelaciones que acerca del porvenir de aquel valle contenía el libro publicado por el padre jesuíta Falkner. En consecuencia, el gobierno real dispuso que el marino don Francisco de Biedma y el piloto don Basilio Villarino exploraran el río Negro y las costas patagónicas. Realizado el viaje hasta Choele-Choel, ambos funcionarios señalaron en un informe la importancia estratégica del río Negro como límite militar de defensa y las ventajas que reportaría su ocupación. Otros funcionarios — Sebastián Undiano y Gastelú, desde Mendoza, y Félix de Azara —, que también recorrieron aquella región, manifestaron igualmente la necesidad de que las autoridades de la Colonia extendieran su dominio, de modo permanente, en esa posición. Nada se hizo, sin embargo. La ley de 1867 se inspiraba en ese propósito. Pero el ejército y el país entero estaban absorbidos por la guerra contra Francisco Solano López; y, apenas terminada ésta, la nación debía afrontar todavía la sublevación de López Jordán en Entre Ríos. Restablecida la paz interior y exterior, el problema permanecía latente y vivo.

En 1874, durante la campaña electoral para la presidencia de la República, tanto Mitre como Avellaneda, candidatos al alto cargo, presentaban como uno de los puntos fundamentales de su programa de gobierno la solución de la « cuestión frontera ». Avellaneda, triunfante en los comicios, designó Ministro de Guerra a Adolfo Alsina, hombre de temple extraordinario. Alsina organizó y llevó a cabo en 1877 el avance a que me he referido anteriormente.

El gobierno nacional realizaba cuanto estaba dentro de sus posibilidades financieras, harto difíciles y estrechas; cuanto le permitían sus exiguos recursos militares en un país desangrado por largos años de guerra. Pero la línea de los « fortines » tornábase más débil e insegura, y también más costosa, a medida que la lí-

nea se extendía. Había que mantener frente al desierto y a lo largo de 470 leguas una guarnición permanente de 6500 hombres y doble número de caballos, un ejército desarticulado en pequeños grupos, obligado a ejercer constante vigilancia pasiva e imposibilitado de emprender una acción decisiva contra el artero e invisible enemigo. El avance realizado por Alsina había sido un esfuerzo feliz porque arrancaba al salvaje un centro importante de operaciones y aseguraba el dominio de la civilización sobre una extensa zona meridional de la provincia de Buenos Aires; pero una vez estabilizada la nueva línea, vuelta la aparente calma a las poblaciones, surgía el riesgo de que la solución definitiva quedara postergada indefinidamente. El general Roca, que conocía a fondo el problema por haber luchado con los indios en las guarniciones de frontera, proponía que se realizara una campaña militar hasta ocupar el río Negro. Zeballos, sin otras armas que la pluma y la palabra, se lanzó resueltamente a la acción.

El joven inspirador de la Sociedad Científica, el secretario infatigable, puso en ello la pasión y la tenacidad, la decisión y el entusiasmo con que siempre afrontó todas las situaciones. Quería galvanizar a la opinión pública para que ella misma decidiera aquel problema vital. Realizó una campaña periodística. Los indios no eran temibles por su número sino por la inmensidad del « desierto » y por la agilidad con que se movían. « La paz con los indios — escribía Zeballos — dura lo que dura la paz de la República, pues apenas la guerra externa o interna reclaman la acción del ejército de línea en otro teatro, los indios, nuestros aliados y amigos, ensartan el tratado en sus chuzas y se lanzan de nuevo al pillaje y a la carnicería ». Debía realizarse una campaña ofensiva con columnas ligeras y bien montadas, adoptando la táctica de los indígenas — única posible en aquellas dilatadas comarcas —, pero superándola con la disciplina y el armamento. Vencidos los pocos millares de indios de pelea y sometidos con sus caciques, ocupada permanentemente la cuenca del río Negro y del Limay, el imperio de la Nación quedaría definitivamente asentado hasta los Andes.

La vieja idea de llevar la frontera con el indio hasta el río Negro, que Biedma, Villarino, Undiano y Azara señalan a la Colonia, subsistía sin duda alguna. Pero nuevos peligros la habían transformado. No se trataba ya tan sólo de someter al indio para siempre e incorporarle a la vida civilizada, sino que era indispensable

y urgente asegurar el dominio de la Nación en aquellas vastas regiones y en la Patagonia misma, porque Chile nos las disputaba. Asegurar la soberanía nacional mediante la ocupación permanente de las pampas y los valles hasta el pie de los Andes importaba realizar dos grandes cosas: borrar de una vez la frontera interior con el indio y colocar la frontera exterior de la República en donde la mano de Dios lo había indicado levantando montañas inconmovibles.

A mediados de 1876 la ocupación estaba resuelta. El 14 de agosto, el Poder Ejecutivo dirige un mensaje al Congreso, pidiendo los fondos necesarios para realizar la campaña. Lo suscriben el Presidente Avellaneda y su Ministro de Guerra, el general Roca. El histórico documento trasunta fielmente las modalidades de aquellos hombres ilustres: claridad y precisión en las ideas; equilibrada armonía en la forma y siempre, en todo, sagacidad, firmeza y mesura. Mencionaré apenas algunos pasajes. « El viejo sistema — dice — legado por la Conquista... ha demostrado ser impotente... Es necesario ir directamente a buscar al indio en su guarida para someterlo o expulsarlo, oponiendo en seguida, no una zanja abierta en la tierra por la mano del hombre, sino la grande e insuperable barrera del río Negro ». Y más adelante: « Sería la línea más corta, segura y económica, y una vez ocupada, haría perder en poco tiempo hasta el significado de la palabra *frontera* cuando no se trata de naciones extrañas, puesto que para la República Argentina no hay otra frontera por el oeste y por el sur que las cumbres de los Andes y el océano ». Los dos problemas se habían fundido en uno solo: había que « cauterizar la llaga que se extiende por todo el costado de la República y que tanto debilita su existencia » y al mismo tiempo era indispensable realizar una obra de política internacional, porque — agregaba el Presidente Avellaneda — « no hay argentino que no comprenda en estos momentos, agredidos por las pretensiones chilenas, que debemos tomar posesión real y efectiva de la Patagonia, empezando por llevar la población al río Negro ».

Dos años después, el general Roca, realizando una campaña tan rápida como eficaz, asentaba definitivmente la soberanía de la Nación hasta la región del río Negro y del Limay. La « conquista del desierto » es un cuadro que excede de los límites de esta conferencia. Pero sí corresponde recordar ahora cómo en aquellos mo-

mentos de honda preocupación nacional ante aquellas dos fronteras inseguras e inciertas, cuando las distintas ramas del gobierno discutían planes y posibilidades y antes que se adoptase la decisión definitiva, la Sociedad Científica Argentina y sus hombres cooperaban en la tarea común.

Francisco P. Moreno, un joven que alentaba una noble pasión por develar los misterios de la naturaleza en la Patagonia, había realizado desde 1873 dos viajes científicos al río Negro y uno al río Santa Cruz. Atraíanle especialmente los estudios antropológicos. Sus investigaciones le habían llevado ya a afirmar lo que la antropología moderna sostiene, esto es, que las razas primitivas que poblaron la Patagonia septentrional y las pampas se asemejan a los australianos y a los esquimales y no a los restantes indígenas americanos; pero aquel empeño había de convertirle más tarde, por el conocimiento detallado del terreno, adquirido en sus exploraciones, en el « perito » llamado a defender y demarcar nuestros límites cordilleranos.

A fines de 1875, Moreno preparaba un viaje más extenso que los anteriores, pues pensaba partir de Carmen de Patagones, costear el río Negro y el Limay, cruzar la cordillera por Nahuel Huapí y llegar a Valdivia. El joven explorador contaba con la amistad de algunas tribus, pues había inspirado confianza y gratitud a Inacayal agasajándole en su casa cuando el cacique había venido a Buenos Aires; pero sobre todo impulsábanle la abnegación, el desinterés y el olvido de sí mismo que inspiran al hombre de ciencia y que también le protejen ante la duda y el peligro. Para realizar su exploración solicitó Moreno el patrocinio y la ayuda de la Sociedad Científica Argentina. Al día siguiente, el 15 de Septiembre, se reúne la Asamblea de la Sociedad y Zeballos prohija la idea con calor.

En su discurso recuerda Zeballos cuánto hacían las sociedades científicas europeas, alguna de las cuales, como la Sociedad Geográfica de Londres, había unido su nombre al del célebre explorador Livingston; señala la importancia de la exploración del punto de vista de la geografía, porque el país necesitaba conocer a fondo su territorio y señalarlo en los mapas de modo claro y exacto; observa que la falta de mapas levantados con precisión ha sido causa de que los gobiernos hayan adoptado oficialmente cartas geográficas que comprometían los derechos argentinos a la Patagonia,

y agrega textualmente: « Entre otros, el señor de Moussy, en la introducción a su Atlas de la República Argentina (publicación oficial) dice que el territorio de la Patagonia y las islas del Estrecho de Magallanes quedaron fuera de la división de los virreinatos o fueron atribuídos de una manera nominal al del Río de la Plata. Un cuerpo de exploradores y geógrafos más vinculados al país que el señor de Moussy y otros nos pondrían a cubierto de tamañas indiscreciones y de tan crasos errores ». Hace presente en seguida que desde Chile se han realizado dos expediciones a la Patagonia: en 1862, la de Guillermo Cox, que saliendo de Puerto Montt llega al lago Nahuel Huapí, sigue por el río Limay hasta 40° de latitud sur, en donde, a causa del naufragio de su embarcación, hubo de interrumpir la exploración que pensaba realizar por el río Negro y debió regresar a Valdivia; y la exploración del capitán Musters, en 1869, que partiendo de Punta Arenas llega a la desembocadura del río Santa Cruz, se interna hacia occidente hasta el lago Viedma y siguiendo por el corazón de la Patagonia llega al río Limay, en donde los indios le impiden continuar en dirección al río Negro hasta Carmen de Patagones, que él se proponía alcanzar. En seguida se refiere Zeballos a las condiciones personales de Moreno, director del museo de la Sociedad, instituto que señala como fruto de sus trabajos y excursiones; y termina solicitando que la asamblea vote un subsidio de 25.000 pesos moneda corriente, como lo proponía la comisión directiva. La asamblea aprueba el proyecto unánimemente. Pero no es eso sólo. La comisión directiva se había adelantado ya a entrevistarse con el gobernador de la provincia de Buenos Aires para solicitarle que también contribuyera a la empresa; y dos días después recibe una nota suscrita por el gobernador Casares y su ministro Aristóbulo del Valle, comunicándole que, vista la importancia de la exploración que se proyectaba, el P. E. había resuelto contribuir con la suma de 25.000 pesos.

Moreno llegó hasta el pie de la Cordillera, aunque no pudo cruzar a Chile porque se lo impidieron los indios; pero supo atraerse de tal manera la simpatía del cacique Shayhueque, que éste — el más poderoso de la Patagonia, pues dominaba sobre siete « naciones » indígenas con sus caciques y capitanejos —, le dijo que quería ser siempre su amigo y que si deseaba casarse le daría una india *gratis*... A su retorno a comienzos de 1876, Moreno entre-

gó a la Sociedad Científica un minucioso informe de su viaje, que termina con estas palabras: « Al partir de Buenos Aires llevé en mi maleta una bandera argentina; cuando emprendí mi regreso quedó en la falda de los Andes en poder de Shayhueque, a quien la regalé y quien la izó en lo alto de su tienda, donde permanecerá como testimonio del dominio argentino en aquellos parajes ».

Al año siguiente, esto es en 1877, don Ramón Lista proyectó realizar una expedición científica por el interior de la Patagonia, saliendo del Estrecho de Magallanes, para explorar el territorio entre los 43° y 49° de latitud sur. La Sociedad Científica Argentina le acordó un subsidio de 10.000 pesos moneda corriente y obtuvo una contribución análoga del gobierno nacional. El viaje de Lista, relatado en su libro « Viaje al país de los tehuelches », fué el primero realizado en aquellas latitudes donde, con excepción del capitán Musters, que sólo había visitado la parte occidental, no había penetrado todavía ningún viajero.

Señoras y señores: En estos momentos en que la Sociedad Científicatífica Argentina celebra sus 75 años de vida, es justo y oportuno referir estos hechos. Las actitudes nobles pueden vindicarse sin alarde ni jactancia. Recordarlos ahora importa honrar a los que fueron sus fundadores, a los que supieron infundirle el espíritu que alentaba a la sociedad argentina cuando la unidad nacional estaba lograda, pero todo estaba por hacerse, en quellos tiempos duros y difíciles que la Historia llamará con justicia la Epoca de la Construcción Nacional. El vigor y la eficacia de las instituciones, tanto públicas como privadas, los beneficios que proporcionan o los males que originan, dependen de la probidad y de la energía de los hombres que las levantan, manejan y utilizan. Las instituciones están en función de los hombres y no a la inversa. La Sociedad Científica ha sabido ajustarse a esta regla, que sus fundadores recogieron en el ambiente y no necesitaron escribirla en los estatutos para que sus continuadores supiesen practicarla.

Los hombres que fundaron esta institución no lanzaron al viento una semilla destinada a volar en alas de la fantasía. Cultivaron su obra con perseverante amor, con incansable energía, y la entregaron vigorosa y lozana a sus sucesores. Algunas ramas podían desprenderse de su seno a medida que las ciencias evolucionaban y surgían nuevas asociaciones y centros especializados, pero nunca

hubo escisiones ni rebeldías. En esta institución han colaborado cuantos se han destacado desde entonces en este país en las ciencias exactas, físicas y naturales: los maestros extranjeros que en la época de Mitre y de Sarmiento vinieron a enseñar en las universidades y en los institutos: Rosetti, Ramorino, Strobel, Speluzzi, Berg, Burmeister, Brackenbusch y Gould; y la brillante pléyade de sus discípulos y continuadores: Huergo, Barabino, Pirovano, Lavalle y Coquet; Rawson y Villanueva; Kyle, Puiggari y Arata; Viglione, Ramos Mejía, Amoretti, Morales, Latzina y Candioti; Orzábal y Dellepiane; Giagnoni, White, Schneidewind y Krausse; Holmberg, Gallardo y Hicken; Ameghino, Moreno y Ambrosetti, para no citar sino a algunos de los muertos.

Zeballos, el iniciador, siguió por otros caminos. Las exigencias de la labor diaria en el periodismo le impulsaron muy pronto a concentrar sus actividades en los asuntos públicos y ello le condujo al estudio y a la práctica del derecho. Pero nunca olvidó sus inclinaciones anteriores, especialmente su vocación por la geografía y la arqueología. Cultivó siempre la amistad de sus compañeros de la Sociedad Científica y sobre todo nunca permitió que se desvanecieran sus primeros entusiasmos. Recuerdo que cuando nos visitó Enrique Ferri, famoso criminalista, maestro ilustre y orador elocuentísimo, Zeballos le ofreció una recepción en su casa; el obsequiado observaba en cierto momento algunas colecciones guardadas en vitrinas: mates, rastras y espuelas de plata, objetos indígenas de piedra y de alfarería, cada uno con sus respectivos letreros; un artista lírico italiano, allí presente, que miraba aquellas cosas con escaso interés, reflexionó en voz alta: *Senza dubbio, é un uomo originale...*; Ferri, volviéndose rápidamente, le replicó con una sonrisa significativa: *Caro amico: é qualche cosa di più; é un uomo che coltiva ancora la curiosità, l'ingenuità dei giovani; senza questa non si fà la Scienza e nulla può crearsi.*

Quizá, señoras y señores, esta anécdota pueda ser útil para revelarnos cómo y por qué esta Sociedad fué creada, cómo y por qué ha podido desarrollarse y prosperar durante tres cuartos de siglo. En cuanto al porvenir, podemos estar tranquilos. Está en manos de hombres que rinden culto a la Ciencia; y la diosa, aunque no haya de revelar nunca todos los secretos de la Naturaleza, quiere que sus iniciados sean dignos del bautismo en la Fuente de Juvencia.

EL VIRUS AFTOSO COMO INDIVIDUO Y POPULACION

POR EL

DR. F. ROSENBUSCH

Conferencia pronunciada en la Sociedad Científica Argentina el 31 de julio de 1947.

Celebramos los 75 años de la proficua labor de extensión y conocimientos de las ciencias en el país, realizada por la Sociedad Científica Argentina, cuya actividad todos conocemos y valoramos profundamente.

A la vez antes de entrar en materia deseo destacar que se cumplen 50 años de un descubrimiento de trascendental importancia, el descubrimiento de Loeffler y Frosch al reconocer el primer elemento vital invisible causante de una enfermedad, origen de estudios similares de otras enfermedades del hombre, animales y plantas en las que la bacteriología, que en aquellos momentos absorbía la atención mundial, había fracasado.

Nuevas técnicas surgen, numerosas investigaciones biológicas dan rumbos definitivos en la lucha preventiva, estamos a través de estos 50 años en la era de los virus. El estudio de los bacterios ha culminado ya con frutos importantes, ahora se estudia, rectifica y perfecciona los conocimientos, pero en el campo de los virus a diario se presentan novedades. Debe destacarse que estas investigaciones requieren métodos especiales, gran dedicación y paciencia e insumen mucho dinero desde que las experiencias todas deben ser realizadas con animales.

DIMENSIONES DEL VIRUS. — Midiendo las dimensiones del virus aftoso en forma indirecta por medios físicos: por ultrafiltros de poros diferentes, por velocidad de centrifugación, se ha podido establecer que este virus es el más pequeño de todos, paralelamente al de la parálisis infantil, 10 milimicrones según Elford y 3 a 5

milimicrones según Galloway. Este último autor considera que el tipo A del virus aftoso es aun más pequeño 2 a 3 milimicrones, es decir 2 millonésimas partes de un milímetro.

Estas dimensiones de un individuo igualaría casi a la dimensión de una molécula de albúmina. Comparativamente el corpúsculo elemental, es decir, el individuo como tal de la encefalitis equina alcanza a 30 milimicrones y comparado a un bacterio (prodigiosus) es de 750 milimicrones y un glóbulo rojo es de 7500 milimicrones.

Naturaleza vital del virus. — Es lógico que con estas dimensiones no imaginables y que para su interpretación involuntariamente relacionamos a los elementos pequeños visibles y dudamos de inmediato que en un cuerpo tan reducido pueda existir vida. Opiniones contrarias surgieron y relacionaron a fermentos por sus actividades, a derivados de la albúmina de las células epiteliales. Se admitió un desdoblamiento o determinada degeneración del protoplasma de las células epiteliales bajo la acción de factores no especificados, partículas albuminoides dotadas de propiedades enzimáticas que podrían desencadenar idénticos procesos en otros organismos.

La naturaleza albuminoidea invocada como un proceso de virusenzima puede interpretarse a la vez como procesos vitales de multiplicación. No obstante estos resultados, recurriendo a técnicas especiales se ha podido eliminar la albúmina en virus aftoso en su casi totalidad, como se ha hecho en el virus de la enfermedad del mosaico del tabaco, y que ha dado de nuevo margen a la interpretación de los virus de la aftosa como elementos inertes, sin vida.

No podría negarse la cadena de multiplicación cada vez mayor al extenderse rápidamente en contagio directo a millares de animales y por otro lado la destrucción de esos focos en forma total (Estados Unidos-Inglaterra) o en la destrucción natural por agotamiento del alimento del virus como sucedió repetidas veces en la Patagonia, han hecho desaparecer el virus aftoso y no vuelve a surgir en los animales, a no ser que se introduzca de nuevo en ese ambiente. *Consideraciones biológicas permiten aceptar su verdadera naturaleza vital.* No dejamos de admirar que un elemento tan pequeño pueda cumplir funciones tan complejas de la vida como ser nutrición, organizar su propia albúmina, crecimiento y multi-

plicación, pero ya debemos adelantar como indispensable que su vida esté supeditada a la vida de la célula en la cual parasitan.

POPULACIONES. — Los individuos viven asociados, son neta e intensamente gregarios, así el líquido de aftas diluído 20.000.000 de veces inyectando una gota, aun contiene individuos vivos en suficiente cantidad como para provocar infección. El virus aftosa obtenido de un animal está constituído por enormes cantidades de individuos que se reproducen en serie infinita por pasajes sucesivos. Las descendencias no parten de un solo individuo, sino de muchos, constituyendo verdaderas *populaciones* con propiedades similares.

El individuo multiplícase rápidamente en las células epiteliales del bovino, en término de pocas horas se ha formado una populación numerosísima formando grandes ampollas que cubren toda la lengua, así más de 1000 millones de individuos nacen en horas.

No conocemos virus de otras enfermedades dotados de esta vertiginosa multiplicación, que lo hacen más temible por sus efectos y su facilidad de diseminación.

MIGRACIÓN DEL VIRUS AFTOSO. — Los virus de las plantas suelen ser lentos en su primera localización pero muy rápido en la segunda faz de la generalización. El virus del mosaico del tabaco se calcula que se traslada 1 cm en 7 días en la hoja y en el período de invasión llega a casi 3 cm por hora. Este cálculo no es aplicable al virus aftoso sino en parte, en primer lugar carece de movilidad propia, su rapidez de invasión está relacionada a la intensidad de la multiplicación intracelular y su dispersión consecutiva al romperse la célula hidrópica y por otro lado su arrastre por la sangre. Durante la primera etapa en el foco inicial la rapidez de invasión es en general lento 24 horas a 25 días, por los linfáticos y posterior diseminaciones por la sangre realizadas en horas, arroja los individuos en todo el cuerpo, vemos localizarse en determinadas regiones y en determinadas células. Después de esta etapa la invasión local es rapidísima, en pocas hasta se producen y estallan las ampollas en más de la mitad de la lengua y en ciertas zonas de la piel.

Cúmplense así *características* del virus aftoso; en primer lugar las especies receptivas en infección espontánea, en segundo lugar las

especies sensibles en infección artificial, propiedades que permiten diferenciar el virus de otras enfermedades con similares tendencias de localización, así como la estomatitis vesiculosa del caballo, que puede dar aparente aftosa en el bovino, se distinguen por su desarrollo en el embrión de pollo. La estomatitis del cerdo se diferencia por la infección del caballo.

Propiedades del virus. — La sensibilidad a los agentes físicos y químicos responden a las condiciones de un ser viviente similar a un bacterio incluído en proteína. Favorecido en su conservación por temperaturas bajas, destruído por temperaturas superiores tanto más elevadas más rápidamente y a 37°C en horas. Vive en un ambiente neutro, le es rápidamente mortal un ambiente ácido, salvo un grado determinado intermedio, también le es nocivo en excesivo alcalino.

La demostración de la vida y la perpetuación de la especie se evidencia por las lesiones que producen en el animal.

Como en todo ser viviente rigen las manifestaciones de vida de la población las funciones nutritivas y las que de éstas derivan.

Alimento. — El alimento de la población aftosa debe ser de composición muy especial, dado su localización exclusiva en el epitelio. La población *no* encuentra, en la tierra, en el agua, en los pastos, los elementos necesarios para hacer síntesis de su propia albúmina para formar su organismo. Su parasitismo intracelular exclusivo indica que requiere una albúmina ya semipreparada y así se explica su veloz multiplicación. Las formas elementales de los virus considerados como individuos aislados demuestran su vitalidad cuando están en un ambiente de amino ácidos, proteínas y albúminas de determinada estructura, así en la rabia grandes cantidades de virus se encuentran en el sistema nervioso, en el virus de la influenza en las células bronquiolares, en la psittacosis en los mononucleados.

Vida intracelular. — La población aftosa se localiza en las células epiteliales planas, por eso clasificada como virus del ectoderma, es decir células derivadas del ectoderma, epiteliosis (Borrel) o dematropos (Waldman y Trautwein). En efecto encontramos el virus aftoso en las células de la piel; pezuñas, pezones, a veces

entre pierna, en las primeras vías digestivas desde la boca hasta los primeros estómagos de los rumiantes.

El virus elige las células del *epitelio en plena actividad* y no las células que ya han terminado su ciclo.

Su acción se aproxima a otras epiteliosis, las viruelas, con la diferencia que la degeneración hidrópica del protoplasma es rapidísima y enorme. Su acción disolvente sobre la célula víctima se ha comparado al bacteriófago que penetrado en el bacterio lo disuelve con suma rapidez.

En cultivos de piel de embrión de bovino se multiplica en pocos días y deja agotado el medio.

Son tan específicas sus exigencias de vida que en los cultivos de células epiteliales en las que invaden células conjuntivales, deja de desarrollar.

Si examinamos su localización en la boca comparativamente en los rumiantes, constatamos en primer lugar que la lengua es en la cara dorsal porción libre la que está lesionada sobre manera; menos frecuente en el resto de la boca y nada en la faringe; zonas favorecidas por acción traumática frecuente y mejor irrigada, con gran metabolismo celular.

Por otro lado comparando la localización en la boca en lanar y caprino, constatamos las escasas y pequeñas lesiones en la lengua, indicarían en condición no tan favorable de nutrición como la ofrece el bovino.

Siendo el tejido epitelial ecto-dérmico tan vasto en el organismo animal llama la atención su localización exclusiva en porciones de piel sin revestimiento de pelo. La doctora Maitland en injertos efectuados en la planta del pie de cobayos reemplaza la piel calva, por otra revestida de pelos; constata en infección generalizada que la localización se realiza perfectamente bien en ese trozo de piel, demostraría que la piel aun siendo un terreno favorable para la fijación y nutrición, requiere otro factor más para localizar la populación aftosa, en gran parte es la mayor irrigación, ya sea por motivos funcionales o por traumatismo.

Esta última observación se basa en la protección eficaz mediante una almohadilla de algodón revistiendo una planta de pie del cobayo. La localización podal en el bovino a menudo constituye una consecuencia de suelos duros, cascotes de tierra, movimientos, aun

cuando el factor virulencia puede provocar localizaciones podales a la vez que bucales.

Corpúsculos elementales. — En los virus de mayores dimensiones se ha podido poner en evidencia por el examen microscópico y en algunos al estado puro mediante filtraciones asociadas por bujías y filtros coloidales corpúsculos numerosísimos denominados elementales y considerados como el cuerpo de esos virus. Todas las tentativas realizadas para poner en evidencia el individuo aftoso han fracasado, debido a su reducida dimensión. Bernard últimamente en fotografía obtenida con rayos ultravioletas puso en evidencia organismos muy pequeños.

Multiflicación y destrucción. — El virus aftoso en su veloz multiplicación como manifestación de vida agota rápidamente el alimento, observación realizada en cultivos de células epiteliales, si no se le renueva ese alimento se inicia una catastrofal destrucción, millones de individuos se mueren de hambre e intoxicados por sus propias eliminaciones. Esto sucede en los cultivos de células, pero en el organismo si bien es favorecido el virus por un lado con la constante renovación del alimento de la célula y de la descarga de eliminaciones, por otro es altamente perjudicada la populación aftosa por la defensa celular. (Inmunidad celular).

Variaciones hereditarias en la populación aftosa. — Pasada la infección, es decir terminada la invasión del virus con su sideral multiplicación, eliminación y muerte, el animal curado no ofrece más el alimento adecuado al virus, en efecto, resiste a nuevos contagios aunque rodeado de enfermos. La inmunidad no sólo reside en las células repuestas sino en las células epiteliales del resto del tegumento.

Al triunfo de la defensa con el exterminio del virus asiste el hacendado sin saberlo pero al mes o un poco menos el animal de nuevo puede adquirir aftosa, observándose hasta 5 veces y en casos excepcionales 7 veces en el año. Los estudios de Valle y Carré encontraron una solución feliz momentáneamente a ese problema con el reconocimiento de distintas razas de virus aftoso. Waldman Trautwein agregan otro más, numerosos investigadores confirman este hecho pero añaden otros virus no clasificables y que debían ser considerados como mutantes y variantes.

No obstante la desorientación grande en un comienzo, aclaran los hechos con estudios prolijos y observaciones de enzootias, si bien existen aun grandes lagunas de enorme importancia biológica y profiláctica.

Dos puntos importantes se plantean:

1º) ¿Son los tipos descriptos virus fijos y constantes?

2º) ¿Es la reacción originada en el animal y que impide la reinfección, corta o prolongada?

Ensayos en cobayos en serie con virus adaptado por pasajes dieron en los tres tipos definidos el 100 % de infección en prueba cruzada, confirmándose así que estos tienen caracteres diferentes y hereditarios.

Sin embargo, en hiperinmunizaciones de esos cobayos compruébase en muchos la presencia de anticuerpos comunes para los tres virus. Dedúcese de esto, que si bien los tres virus standard son diferentes, contienen caracteres que le son comunes aunque en cantidades menores.

Investigaciones de infección y en prueba de duración de la inmunidad mediante reinyecciones por vía muscular en bovinos, comprueba Andrews una resistencia prolongada oscilando entre 13 y 32 meses, por inyección intradérmica de 15 a 20 meses.

Es decir, que los animales que se han curado, durante más de 1 a 2 años no ofrecen alimento al virus descendiente del que provocó la infección e inmunidad.

Si admitimos tres tipos diferenciados, podría considerarse que estamos ante tres enfermedades distintas con iguales manifestaciones clínicas.

Pasajes en serie e infecciones cruzadas realizadas en bovinos, después de curados realizados por Trautwein dan diferentes resultados a los observados en cobayos. En bovinos expuestos a un segundo virus infecta término medio en el 58 % y a un tercer virus en el 37 %. En cerdos el segundo virus contamina en el 84 % y en el tercer virus en el 72 %.

Esta resistencia *parcial* de un virus contra otro confirma que estamos ante una misma enfermedad provocada por diferentes razas.

Estructura biológica de los virus. — Estos resultados nos permiten interpretar en parte la estructura biológica del virus aftoso, analizando la constitución de sus receptores.

Los virus aftosos poseen receptores específicos que se mantienen a través de numerosas generaciones durante años, es decir encontramos en los virus estructuras comparables a los genes como existen en el animal y vegetal.

Los *genotipos* son específicos y propios de cada virus, pero los diferentes resultados de inmunidad cruzada en bovinos y en parte en cerdos, demuestran que existen además una proporción de receptores comunes a todas las populaciones, revelables únicamente por el bovino mediante la inmunidad celular en el epitelio lingual, etcétera.

La irregularidad en esas pruebas harían aceptar que esas estructuras no constituyen receptores fijos, definidos y hereditarios siendo en cambio inestables.

Estos últimos receptores son comparables a los *fenotipos* no específicos de los animales y constituyen aproximadamente el 30 % de los receptores de una populación aftosa, que en el caso de infecciones repetidas suman ya proporciones suficientemente elevadas para dar una inmunidad no específica.

Las investigaciones de las populaciones aftosas en la Argentina, en prueba de identidad en bovinos comprueban la presencia de caracteres genéticos de dos o más virus, uno o dos suelen existir en proporciones dominantes, así por ejemplo OAc ó Oca.

La prueba de inmunidad cruzada es parcial entre 2 ó 3 diferentes tipos. La interpretación de este hecho sobre la estructura de la populación en estudio puede ser:

1º) Los 2 ó 3 virus genéticamente diferenciados, están asociados pero en diversa proporción en su invasión celular epitelial del bovino.

2º) Constituye una mutación en formación que se va cristalizando poco a poco en un tipo intermedio más fijo.

Las dos posibilidades pueden existir. La primera se ha podido demostrar mediante pasajes del mismo virus en series paralelas en cobayos, consiguiendo aislar 2 tipos diferentes, pues daban generealización de aftosa en las pruebas cruzadas. Deberá interpretarse en este caso que el virus contiene una infección mixta.

Esta *diferenciación en cobayos debe realizarse con los primeros pasajes*, pues, en los sucesivos pasajes se produce un desarrollo selectivo favoreciendo a uno y eliminando al otro virus en forma

tal que el cuadro biológico de la populación no corresponde al verdadero de origen.

Esto motiva la necesidad de efectuar la *diferenciación de los virus en bovinos y a corto plazo con controles necesarios.*

La fecundación, más bien dicho fusión como fuente posible de mutantes y variantes admitida en bacterios por algunos experimentadores, en los virus no existen suficientes conocimientos para negar, ni aceptar su existencia.

Interpretamos por ahora basado en los conocimientos actuales que los variantes, mutaciones, tipos, se observan como consecuencia de la selección por vitalidad (es decir rapidez de multiplicación) y por cualidad de las células epiteliales pavimentosas del animal, como consecuencia de la inmunidad celular en pro o en contra de una u otra de las diferentes razas que pueden asociarse en la formación de una populación aftosa.

Aún no conocemos el comportamiento recíproco de varios tipos de virus en invasión simultánea en el bovino.

Es frecuente la presencia de variantes, es decir aquellos tipos aunque diferenciados del tipo standard, no obstante no responden a los otros virus. Daremos algunos ejemplos: el virus clasificado O de Irlanda se distingue del O Standard, inmuniza en un sentido y no a la inversa; idénticas diferencias se observan con el virus O de Rhodesia, medido en bovino, en cambio en prueba de cobayos son iguales.

La desviación de complemento como método de diferenciación, controlándola a la par con la infección cruzada en cobayos ha sido usada frecuentemente.

Se ha podido establecer que los anticuerpos reconocidos por la desviación del complemento son distintos a los que intervienen en la inmunidad antiinfecciosa, pudiendo no existir los primeros pero sí los segundos.

La desviación de complemento a la par de la prueba en cobayos permite reconocer el *virus dominante,* no así otros virus que podrían estar asociados como tampoco la presencia de mutantes nuevos.

Así como el cobayo actúa como filtro y deja pasar unos virus y retiene a otros, también puede suceder que en los primeros pasajes dos virus asociados no han dejado inmunidad y se reinfecta violentamente con posteriores inyecciones del mismo virus original pasado más de 20 veces.

Se admite que la deficiente inmunidad ha sido consecuencia de proporciones bajas de los diferentes mutantes en el virus original. ¿Por qué no admitir la presencia de otros mutantes que han sido eliminados en los pasajes sucesivos en serie por cobayos?

En otras palabras la prueba cruzada de cobayo y la desviación del complemento no reflejan la composición verdadera total de la población aftosa, sólo *permiten reconocer un virus seleccionado.*

El sucinto relato de la estructura de los virus sólo abarca ciertas y limitadas características, usando como vara diferencial la inmunidad recíproca.

Existen miles otras diferencias de razas o mutantes o variantes o modificaciones con características propias que aun quedan por reconocer. Bastaría mencionar como demostración práctica y evidente de estas modificaciones o variaciones de los virus, los resultados obtenidos en las investigaciones biológicas que se realizan en el Instituto a mi cargo, en los cuales se han logrado diferenciar algunos virus por sus condiciones inmunógenas, dando origen a la preparación de dos tipos de vacunas: una, cuyos virus tardan varios días en establecer la inmunidad, pero manteniendo ésta por un período relativamente largo, y la otra con virus que actúan casi de inmediato, en el término de horas, pero confiriendo una inmunidad por un lapso más breve.

Este es un pequeño detalle de la biología, que descubre un amplísimo campo virgen aun existente en el problema de los virus.

En resumen: El virus aftoso extraído de un animal con infección espontánea consiste en una población compleja y heterogénea, por por no ser descendiente de un solo individuo.

Esta población la constituye un conjunto de razas con mutantes, variantes o modificaciones más o menos duraderas, con predominio de uno sobre los demás pero susceptible de ser reemplazado por selección o por adaptación.

La complejidad de la población permite ante animales resistentes cambiar lentamente las características dominantes por supervivencia selectiva y constituir la iniciación de un nuevo foco con reinfecciones más o menos frecuentes.

En las invasiones de Fiebre Aftosa en amplias zonas suele dominar un tipo definido de virus que nace, se multiplica, se extiende, y lentamente se modifica al no encontrar ambiente virgen que le

permite desarrollar. Explícase así las grandísimas variaciones y las frecuentes superinfecciones que a cada rato se observan en los bovinos.

Estas características biológicas constituyen tema de numeroso trabajo experimental, aun no lo suficientemente considerado y de gran trascendencia en el estudio de la biología y profilaxia, en especial el cálculo de las proporciones de mutantes y variantes existentes y las posibilidades de poder surgir de ésta la populación origen de una subepidemia.

La actividad de la populación reside en la vitalidad del virus y en la naturaleza del alimento que le brindan las células epiteliales del animal. La vitalidad es independiente de la virulencia, si bien a menudo actúan juntos.

SUPERVIVENCIA. — La posibilidad de existir portadores que mantengan latente el foco para sucesivas epidemias fué ampliamente considerado.

La determinación de portadores por el laboratorio de Waldmann no han tenido mayor confirmación. La posibilidad de diseminación por animales salvajes como portadores, la cámara inglesa ha establecido como tal, el erizo. Las ratas si bien sensibles por inoculación no lo son en condiciones de infección espontánea.

La diseminación por animales salvajes, perros, liebres, pumas, roedores, pájaros, etc., podrían actuar como simples transportadores pero no son portadores; su importancia en la Argentina es mínima (ejemplo Patagonia).

La resistencia del virus esparcido por los enfermos se ha constatado que puede a la sombra y desecado en capa fina conservar su vitalidad por más de un año y su ingestión por bovinos constituye la iniciación de un foco.

EVOLUCIÓN Y MODIFICACIONES BIOLÓGICAS DEL VIRUS. — Una infección aftosa cunde con gran rapidez en un ambiente virgen de infección anterior; pronto se termina en sí misma, cuando ha agotado su alimento, caso de la Patagonia, allí la falta de introducción de nuevos virus, la inmovilidad durante el invierno, el movimiento de hacienda común es de sud a norte y el estacionamiento marcado de la parición, son los factores coadyuvantes a mantener esa zona prácticamente libre, mientras que no se mandan animales enfermos del

norte. El valor de diseminadores salvajes (liebres, perros, roedores, etc.) es muy relativo.

En el resto de la República con la costumbre nómada con las haciendas, impuesto por las circunstancias del trabajo, favorecen el transporte de la aftosa en toda forma y la mezcla de virus más variados y favorecen la formación de mutantes y variantes fuentes de recrudecimientos periódicos.

Un virus de prevalencia determinada llega en su marcha invasora ante una cortina de animales resistentes a esa populación y es detenido, con el tiempo surge lentamente otra variante o se cultiva otro tipo distinto por pasaje en animales parcialmente inmunes y de nuevo inicia la marcha invasora favorecido principalmente por los terneros. Una tropa llegada de regiones apartadas trae consigo un virus biológicamente diferente, desconocido en la zona, encontrándose ante un terreno apropiado para su multiplicación. Un pasaje por lanares o porcinos puede seleccionar variantes en forma tal que un nuevo foco se produce.

La inmunidad dejada por una infección anterior constituye la saranda seleccionadora del tipo de virus no permitiendo que los virus afines prosperen, así surgen variaciones biológicas y combinaciones de los virus, así se forjan las resistencias combinadas originadas por esas sucesivas invasiones. Los terneros desprovistos de resistencia constituyen las incubadoras, donde los virus cultivan, mantienen y acrecentan virulencia. Todo movimiento de hacienda, una simple concentración en corrales para cualquier trabajo, con frecuencia originan dentro de la semana siguiente el estallido de la fiebre aftosa. Pasajes sucesivos, condiciones debilitantes, arreos, transportes, pastizales muy acuosos, heladas intensas, preñez, constituyen factores favorables para la mayor gravedad de la enfermedad.

La virluencia se exalta en pasajes en animales sin inmunidad y al adquirir esa virulencia en rápida marcha invasora abarca regiones considerables, que llegan a cubrir hasta más de la mitad de la República. El virus invasor se atenúa lentamente para pasar un período de defensa selectiva de lucha por la vida y nuevos grupos individuales aftosos en gregaria colonia recuperan el terreno perdido, pero con características propias.

En idéntica forma como se observan en los protozoarios, debemos suponer que los virus adquieren una resistencia relativa contra

anticuerpos, y explica las reinfecciones de bovinos que ya anteriormente se habían infectado. Estos virus entran en la clasificación como variantes.

Control de invasión del virus. — La enorme cantidad de individuos aftosos diseminados por el enfermo y la gran variación constitucional de las populaciones aftosas, por otro lado la defensa existente en los animales, crean enfermedades distintas con síntomas iguales. Complícase con esto su control.

El conocimiento exacto del enemigo es factor esencial, pues, nos dará las armas específicas para combatirlo.

El control periódico de los virus en sitios estratégicos de irradiación del país nos dará un panorama del tipo de virus endémico regional y en marcha, nos pondrá de inmediato en conocimiento de una invasión de virus con *caracteres no existentes en el país* y nos indicará los procedimientos de lucha, de aislamiento con amplios cordones sanitarios vivos de protección.

Una prolija investigación periódica de la estructura biológica de los virus en marcha regional constituyen aportes instructivos de alto valor científico y práctico.

Dinamarca había establecido 2 estaciones de control en lugares equidistantes sobre la frontera con el continente, puerta de entrada de la mayoría de sus aftosas, con el fin de clasificar e indicar la composición de las vacunas a utilizar.

Buscamos imitar, modificar, y si es posible perfeccionar lo que la naturaleza espontáneamente nos demuestra en la lucha triunfante de un animal contra un ejército constituído de millones de individuos aftosos.

La inmunidad prolongada que deja una infección pasada ha dado margen a procedimientos similares de lucha, provocando la infección artificial (aftisación) o dándole una reserva de masas de virus muerto.

La inmunidad de más de 1 ó 2 años producida por la infección contra un virus determinado es la meta que los investigadores persiguen. Ante la presencia de virus de variada estructura que quiebra la resistencia anterior conferida exige mayores trabajos de clasificación y nuevas fórmulas de preparación de vacunas.

Hemos obtenido la seguridad que artificialmente podemos dar la resistencia similar a la infección natural mediante virus modifica-

do. Estas vacunas con virus inactivos y concentrados producen la resistencia al contagio directo durante meses, mediante el agregado de substancias que hacen más lenta su reabsorción.

La variabilidad y complejidad de las populaciones aftosas en el país, situación muy especial y propia de la Argentina por las condiciones locales, imponen una polivalencia en los virus a emplear. Esta constituye un factor de reducción del tiempo de inmunidad, pues los virus deberían de estar representados en las vacunas en proporcions aproximadas al tipo de los virus regionales. Es así que el Instituto de Waldmann en circunstancias especiales ha preparado vacunas regionales para obtener una inmunidad más profunda y más duradera.

La vacuna específica con el virus regional sería el ideal, se opone a este método el constante vaivén de los tipos de virus y las combinaciones nuevas que exigen una lucha general.

Los virus absorbidos inactivados son aplicados por vía subcutánea e intradérmica. Las vacunas subcutáneas confieren inmunidad humoral predominante, no así la intradérmica con exclusiva inmunidad celular.

La vacuna intradérmica aplicada por primera vez en gran escala como método argentino, puede ser comparada en su forma de actuar a la vacuna de la viruela, una reacción local en la piel asegura la inmunidad del resto del tegumento y de las células epiteliales de las primeras vías digestivas.

La aplicación de las vacunas en la profilaxis general tienen su valor en:

1º) Haciendas en tránsito que expuestas a contagios y distribuyendo la aftosa constituyen los diseminadores por excelencia de toda clase de populaciones aftosas.

2º) Los animales que por su joven edad carecen de resistencia adquirida.

3º) Las haciendas expuestas a contagio por aftosa vecinal.

4º) Vacunación de cordones vivos alrededor de los focos, para aislarlos en sus límites originales.

5º) Zonas ya extensamente salpicadas, vacunación de sectores radiados para subdividir la zona infectada y proceder a la reducción progresiva de los focos.

6º) Será asociado el aislamiento preventivo de toda tropa que es incorporada en un establecimiento.

Si bien deben proseguirse los estudios sobre las populaciones aftosas, esta enfermedad ha dejado de ser una fatalidad y desconcierto debido a los éxitos alcanzados mediante la ciencia aplicada, lema básico de esta benemérita Sociedad Científica Argentina.

ECLIPSES DE SOL

POR EL

Dr. BERNHARD H. DAWSON

Versión taquigráfica de la Conferencia pronunciada en la Sociedad Científica Argentina el 1º de agosto de 1947.

Muchas gracias por sus muy amables palabras. Muchas gracias también a las autoridades de la Casa por la honra de ocupar su tribuna.

He venido aquí con el compromiso de hablar sobre el reciente eclipse; voy a empezar, sin embargo, hablando algo sobre eclipses en general.

Nosotros sabemos muy bien que los eclipses son oscurecimientos transitorios de uno de nuestros luminares: el Sol o la Luna, causados por la alineación en el espacio de los tres cuerpos: Sol, Tierra y Luna. Si es la Tierra la que se interpone entre el Sol y la Luna, tenemos un eclipse de Luna; si, en cambio, es la Luna la que se interpone entre una parte de la Tierra y el Sol, tenemos un eclipse tal como el reciente del 20 de Mayo.

Ahora bien; como el eclipse de Sol se produce por la interposición de la Luna entre la Tierra y el Sol, tiene forzosamente que ocurrir en momentos de Luna nueva y, en cambio, como el eclipse de Luna ocurre cuando la Tierra se intercala entre la Luna y el Sol, tiene que producirse en Luna llena. Pero no tenemos eclipses en todas las Lunas llenas ni en todas las Lunas nuevas, porque en la mayoría de los casos la Luna, al pasar por la misma longitud que el Sol, lo hace por el Norte o por el Sur, por debajo o por arriba; y lo mismo la Luna cuando llena, en general pasa al Norte o al Sur de la sombra que proyecta la Tierra y entonces no tenemos eclipse. Eso se debe al hecho de que la Luna circula alrededor de la Tierra en una órbita inclinada con respecto a la órbita de la Tierra alrededor del Sol. Esa órbita de la Tierra alrededor del Sol,

que se proyecta en el camino aparente del Sol por entre las estrellas, la llamamos la « eclíptica » porque la Luna tiene que estar cerca de ese plano para que se produzca un eclipse.

Para que haya un eclipse de Sol es necesario que en el momento de Luna nueva, la Luna esté distante del « nodo » — punto donde un círculo máximo corta al otro — no más de 17 grados, y entonces el Sol está en esa misma dirección. El Sol recorre esos 17 grados a cada lado del nodo en algo más de treinta días, lo que es más que una lunación y por consiguiente cada vez que el Sol atraviese el nodo de la órbita de la Luna habrá un eclipse, y pueden haber hasta tres eclipses: uno de Sol, uno de Luna y otro de Sol.

La distancia para un eclipse de Luna es menos de 17 grados y puede ser que al ocurrir la Luna llena esté más que ese mínimo por un lado, y al ocurrir la próxima lune llena esté más de ese mínimo al otro lado, de suerte que al paso del Sol por el « nodo » no haya eclipse de Luna.

Entre un eclipse de Sol y el otro puede haber un mes, cinco meses o seis meses (es decir, seis lunaciones, pues cuando hablo de meses hablo de lunaciones). Entre un eclipse de Luna y otro hay en general seis meses, pero puede ser que al cabo escape y entonces son once meses, mas puede ocurrir que al cabo de once meses eso sea mucho y falte todavía para el otro y entonces serán diez y siete. Así que de un eclipse de Luna a otro hay siempre seis, once o diez y siete lunaciones, mientras que de un eclipse de Sol a otro hay una, cinco o seis lunaciones.

En un mismo año, entonces, puede haber como mínimo dos eclipses: uno de Sol sin ninguno de Luna y otro de Sol a los seis meses cuando el Sol cruza por el otro lado; y puede haber un máximo de cinco: dos de Sol, uno de Luna y en el otro lado uno de Sol y uno de Luna.

Estos intervalos son desiguales y varían de una época a otra. Ya los antiguos habían descubierto que al cabo de 233 lunaciones (meses lunares) que son 18 años, 10 u 11 días y 8 horas, vuelven a repetirse las posiciones relativas, no sólo del Sol, Luna y Tierra sino también del « perigeo » y del « nodo » de la órbita lunar; de modo que al cabo de ese llamado « saros », hay una repetición de los intervalos entre eclipses y los eclipses son muy semejantes entre sí.

He dicho « 18 años, 10 u 11 días y 8 horas ». ¿Cómo sabemos las horas y no los días? Porque en los 18 años puede haber cinco años

bisiestos, o puede haber cuatro. Si han sido cinco, hay 10 días demás y si los bisiestos han sido cuatro, hay 11 días de más. Al triple de este período los griegos lo llamaban « exeligmos »; resultando que las tres veces ocho horas suman otro día más y al cabo de 54 años y un mes ocurre un eclipse semejante al otro, no tan semejante como los dos intermedios para la Tierra en general, pero produciéndose en cambio en la misma región de la Tierra.

En este período de « saros » (18 años) hay 42 ó 43 eclipses de Sol y 28 de Luna; así que de acuerdo a eso, en término medio dentro de cien años debe haber 235 eclipses de Sol y 155 de Luna; siendo los eclipses de Sol mucho más numerosos para la Tierra en general, aunque no para el observador que no viaje a propósito para verlos y eso se explica:

Este platito (se han apagado las luces de la sala y el conferenciante es iluminado de frente por un reflector) representa la Luna; esa luz representa el Sol, y mi cabeza (aunque sea una mala representación) representa la Tierra. Para que haya un eclipse de Sol basta que al pasar la Luna entre la Tierra y el Sol, una parte de la Luna proyecte una sombra sobre una parte de la Tierra. Para que haya eclipse de Luna, alguna parte de su cuerpo debe pasar por la sombra de la Tierra. Ahora bien; estando el plato dentro de la sombra de mi cabeza, no importa si lo miro con el ojo derecho o con el ojo izquierdo, o que lo mire otra persona, se observa sombreado. En cambio, haciéndolo pasar por aquí delante, si miro con el ojo derecho, todo está oscuro, pero mirando con el ojo izquierdo veo plena luz. Lo mismo ocurre en el caso de un eclipse de Sol.

Cuando hay un eclipse de Luna lo ve la mitad del mundo; en cambio, aun cuando el eclipse de Sol esté por este lado de la Tierra, una persona que esté más al Norte o más al Sur no ve el eclipse. Por esa razón, a pesar de que para la Tierra en general hay mayor número de eclipses de Sol, para una persona que no viaja, de los 155 eclipses de Luna puede esperar ver unos 80, pero de los 235 eclipses de Sol, aun como parciales no tiene la esperanza de ver más de unos 60. Esos eclipses de Sol que los ve así, son en su mayoría parciales para él, porque la distancia que hay desde la Tierra a la Luna es muy aproximadamente la misma como la longitud de la sombra de la Luna (detrás de ella) proyectada por el Sol. Como el Sol es mucho más grande, la Luna hace un cono convergente de sombra total, que se extiende a la Tierra y a veces no alcanza.

Además, alrededor de eso, hay un cono divergente mucho más grande, pero aún ese cono no abarca todo el ancho de la Tierra, porque la Luna es mucho más pequeña.

Este diagrama fué hecho para mostrar cómo se produce un eclipse y aquí muestra el cono de la sombra total de la Luna. Pero yo me pregunto: « Si esto es la Tierra, ¿qué son éstos aquí? ». (El conferenciante señala dos figuras humanas que aparecen en la imagen proyectada). Es que para concebir esto en la forma en que está dibujado, tenemos que pensar desde un punto de vista extra-terrenal. Pasemos a la otra.

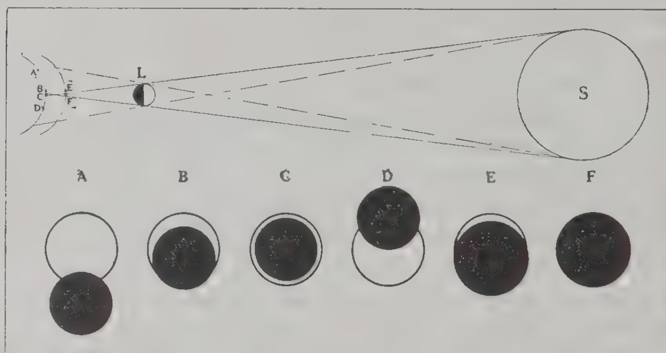


Fig. 1. — Variación de las fases de un eclipse de sol de acuerdo a la posición del observador.

En un eclipse de Sol, la fase depende del punto donde se halle el observador. La distancia de la Luna puede ser más o puede ser menos que la longitud de su cono. En vez de dibujar la Luna en dos posiciones distintas, he dibujado dos posiciones de la Tierra con respecto al cono, considerando a la Luna en un mismo punto.

Si el observador se encuentra en este punto (señala A), ve la parte superior de la Luna delante de la parte inferior del disco solar. El está dentro de este cono de sombra parcial, pero no dentro del otro, y lo que él ve es esto (señala A). Si se aproxima al cono sin llegar a él, entonces ve este fenómeno (B); si llega a estar dentro de este como (c), entonces la Luna (por estar más lejos que el término medio) presenta un tamaño menor y no alcanza a cubrir todo el Sol, porque este observador ve un hilito del Sol y por el otro lado ve otro; y así se tiene el fenómeno del « eclipse anular » (C).

Ahora bien; estando la Tierra más cerca de la Luna, de manera que el observador tiene la Luna tapando el Sol, el observador que está cerca del cono ve este fenómeno (señala E) y puede notar que esto difiere de esto (señala B) en el hecho de que el círculo negro tiene mayor radio. Por lo tanto una falce así que pasa más de un semicírculo, sólo puede ocurrir en un eclipse que para algún punto sería anular, mientras que en un eclipse que será total éstos nunca llegan a tener una semicircunferencia.

En el momento de la fase total pueden observarse muchas cosas y puede contemplarse el espectáculo sin ninguna preocupación; pero cuando el eclipse sea parcial (como aquí) hay que tomar precauciones. La manera más cómoda es proyectar la imagen a través de un telescopio, como se ve aquí.

No es necesario que sea grande el telescopio; bastan unos binoculares. Tomando una cartulina y haciendo que uno de los binoculares lo atraviese, entonces la cartulina hace una sombra que cae sobre la otra y la luz que atraviesa el anteojo forma una imagen ampliada del Sol. Cuanto mayor es el aumento, tanto menor es la distancia necesaria para el binocular. Con sólo 6 aumentos, se necesitaría más que el alcance del brazo de una persona.

Si no se dispone de anteojos, entonces puede perfectamente mirarse a través de un vidrio debidamente ahumado; pero el negro de humo es una capa delicada, fácil de herir y si se puede disponer de una película fotográfica fuertemente velada, resultará más cómodo y seguro.

Al observar un eclipse que no pasa de ser parcial, se ve, como aquí, que la imagen de la Luna va incidiendo sobre el Sol poco a poco, llega a un punto máximo y sale luego por otro lado. Aquí entra casi de frente y sale de costado; de manera que la trayectoria de la Luna fué así (señala), llegando la fase máxima más o menos así (señala).

El caso de un eclipse parcial es interesante. Tiene mucho valor didáctico y puede ser de algún interés científico; pero el observar estos contactos con exactitud es difícil, porque uno no puede percibir que está en contacto hasta después que se ha producido. Uno no puede ver el infinitésimo.

En cambio en un eclipse total se observan una cantidad de fenómenos muy interesantes, algunos hasta cierto punto problemáticos y por eso se organizan expediciones para observarlos.

— Se encienden las luces.

Este eclipse del 20 de Mayo ha sido el primer eclipse dentro del siglo que llegó a ser total dentro de la República Argentina. Justamente; el anterior fué antes del «triple saros» de 54 años, en abril de 1893.

Un eclipse, total en algunas partes, es visible así sólo en una franja angosta, donde el cono de sombra total cruza la Tierra. Esa franja, en el eclipse de 1893, cruzó Catamarca y Tucumán, el Este de Salta, hacia el Chaco Boreal y saliendo al Brasil. En el eclipse de mayo pasado entró por Mendoza, cruzó Córdoba (no la ciudad misma), Corrientes y el extremo Norte de Santa Fe, cruzó el Sur del Paraguay y salió al mar por Bahía, en Brasil.

Después de 54 años (en el 2001) habrá otro, pero ese no llegará a ser total en la República Argentina; esa vez empezará en el Océano, frente a Mar del Plata y luego seguirá hacia el Africa, sin tocar tierra argentina.

Sin embargo, el eclipse de 1947 no es el único a ser total en el país dentro del siglo, porque habrá uno en 1966, que cruzará la República Argentina bajando desde el N. O. (no me he fijado exactamente dónde entra), pasará probablemente entre Rosario y Paraná y saldrá al mar por la República Oriental. Ese eclipse será la repetición después del triple saros, del eclipse de 1912, que fué el primero que yo quise ver y cuya franja de totalidad vino desde Colombia por Amazonas y salió al océano cerca de Río de Janeiro.

En el eclipse total se percibe directamente la corona y las protuberancias y pueden estudiarse muchas otras cosas. Veremos ahora la otra serie de dispositivos:

—Se apagan nuevamente las luces.

Esto fué una expedición en Estados Unidos, para observar el eclipse de 1900. Aquí se ve una carpa donde hay una cantidad de instrumentos y aquí delante se encuentra un espejo que recibía la luz del Sol para dirigirla a través del objetivo a placas fotográficas que se manipuleaban dentro de esta casilla. Aquí hay otra cámara de gran abertura en relación a su distancia focal, cuyo objeto era buscar un supuesto planeta Vulcano, pues en el aquel momento se suponía que podría existir un planeta entre Mercurio y el Sol.

Se ve que se hace una expedición con instrumentos portátiles y así se hace todavía. No tengo ninguna fotografía de las expediciones del presente eclipse, pero en algunos puntos se asemejan a ésta.

Pasemos a ver la corona en algunos eclipses. Esto me parece que fué del eclipse de 1900. Se ve la parte interna de la corona y se notan sus características principales: que es másintensa al lado del Sol, disminuyendo hacia afuera. Si uno quiere alcanzar la extensión total de la corona, esta parte aquí estará registrada tan intensamente, que se pierde todo detalle aun en la placa. Aquí se ve un



FIG. 2.— La corona solar del eclipse del 20 de mayo de 1947, fotografiada en Corrientes por el Ingº Rafael L. Cabezas.

poco de la estructura de la corona, que hace recordar siempre las líneas de un imán circular, sobre el que se pone un papel y se rocían algunas limaduras de hierro. La razón de eso es, hasta cierto punto, todavía un enigma.

Este es el mismo eclipse con una exposición larga; de manera que en esta parte al lado del Sol, ya no se percibe nada de detalle,

pero sí algo de la extensión. La corona alcanza más de un diámetro desde el Sol y efectivamente, en el eclipse del 20 de Mayo, se podía percibir la corona hasta dos diámetros del Sol dsde el borde. El doble de este diámetro (señalando) era perceptible la corona, aunque no tengo aquí ningún registro.

Esto todavía es del eclipse de 1900, con una exposición intermedia y en escala grande, que muestra alguna de las estrías. Aquí hay una estría oscura y brillante, que se ve en la corona.

Todavía otra del mismo eclipse. Se ve que en un mismo eclipse, distintas fotografías, con distintos tiempos de exposición, dan efectos diferentes y hay que estudiar el conjunto para saber algo de cómo es esa corona y debemos saber bien cómo es para saber de qué se produce.

Y a otra, ahora.

Este es el mismo en mayor escala, la parte interna. Estas manchas son burbujas en la capa de gelatina del dispositivo.

Este es el eclipse de 1918, observado en Estados Unidos. La corona tenía otra forma y si bien el polo del Sol estaba por aquí (señala), la extensión más fuerte fué aquí (señala).

Este es el eclipse de 1919. Esta fotografía fué tomada por una expedición brasileña en Sobral, y este eclipse es célebre (y quedará siempre célebre) porque fué en él que se constató la validez del postulado de la relatividad formulado por Einstein; pero aunque no hubiera sido célebre por eso, habría cobrado celebridad por esta protuberancia que se ve como una región un poco más luminosa y que después la veremos otra vez en otra fase, luego en el negativo y más tarde en el espectro-heliograma.

Esto es el negativo del mismo que se proyectó recién en positivo; porque en el negativo se puede percibir mejor la diferencia de intensidad entre la protuberancia y la corona misma.

Las protuberancias son conocidas y, se puede decir, bien comprendidas. Son llamaradas de gases despedidos del Sol por fuerzas enormes; es materia que el Sol expele y a veces es despedida completamente o, a veces, vuelve a caer sobre el Sol.

Las protuberancias, como son gases consistentes mayormente de hidrógeno, emiten luz en que predomina la línea roja del hidrógeno

y por eso este diapositivo se ha coloreado para representar algo de lo que uno ve en las protuberancias. Naturalmente, la corona es de una luz menos intensa que estas protuberancias, pero se percibe y aquí está mostrado en esta forma (señala), aunque no debería estar coloreada, porque la corona tiene una luz blanquecina o verdosa. La escala en que se produce este fenómeno puede percibirse en este pequeño disco (señala) que representa la Tierra.

Esta protuberancia fué del eclipse de 1918 y la bautizaron « Heliosaurius ». Y ¡qué aspecto sauriano tiene!

Esta es otra fotografía del mismo, sin colorear.

Estas son unas protuberancias que se observáron en el eclipse de 1900. Son de la forma más variada. Ellas son gases de hidrógeno y de calcio, materia del Sol que se comprende perfectamente.

Estas protuberancias no me acuerdo de qué fecha son. Se ve ahí un poco de la variación de las protuberancias en su forma.

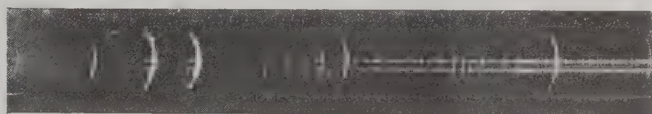


FIG. 3. — Espectro "flash" del eclipse del 31 de agosto de 1932.

En el momento en que empieza a ser total o termina de serlo el eclipse, el observador tiene a la vista, en aquel punto donde está empezando o terminando, la atmósfera solar, visible mientras el cuerpo del Sol está tapado. Entonces aplicando un prisma que registre el espectro, puede hacerse un análisis espectral y es lo que se ha hecho aquí. Como este fenómeno dura apenas un par de segundos, se llama « flash », que es una palabra inglesa más o menos traducible por « relámpago ».

Aquí vemos la línea de calcio en el extremo violeta. Estaría el disco entero del Sol si no hubiera el eclipse; pero la Luna más que tapa el Sol deja al descubierto la atmósfera. Las protuberancias (aquellas tres protuberancias del eclipse de 1900) estaban del otro lado y aquí producen estos tres puntitos. Esta línea de calcio (señala) hace estas protuberancias. Aquí una línea en el azul, también tiene sus puntitos muchos menos fuertes y todavía en el verde hay otros puntitos que son de aquellas protuberancias.

De manera que las protuberancias son de la misma materia que la atmósfera. Ahora bien; estudiando la intensidad y extensión de estos pequeños arcos y sabiendo a qué elemento químico corresponden, podemos saber hasta qué altura se alcanza a percibir ese elemento químico, porque sabemos que aquí apenas está cubierto el cuerpo del Sol y toda la atmósfera está visible, pero distando pocos segundos de allí, la Luna sobrepasa al cuerpo del Sol un tanto; de manera que la atmósfera tiene que tener una altura tanto mayor y entonces la longitud de estos arcos nos dirá hasta qué altura llega el elemento y así se ha podido estudiar la atmósfera solar.

Este es otro, tomado cuando había todavía un poco del cuerpo del Sol a la vista y aquí esta franja brillante muestra el espectro normal del Sol, pero cuando se trata de las líneas fuertes de la atmósfera, ellas predominan por encima de la línea oscura del cuerpo y aquí se nota que la línea, en la parte atmosférica, parece brillante y aquí oscura.

Este es aquel mismo de hoy en mayor escala. Aquí se vuelven a percibir esas protuberancias.

Este, en cambio, es el espectro de la corona. La corona es una cosa grande. Como el arco de la atmósfera solar es una línea, en todo caso puede observarse empleando un objetivo y un prisma, sin necesidad de intercalación de una ranura. Pero la corona es distinto; si se pusiera solamente el prisma, saldría un borrón, pero intercalando una ranura se podrá registrar el espectro de la corona. Donde esa ranura atraviesa el disco de la Luna tenemos esta franja oscura. Debemos tener aquí el análisis espectral de la corona y sin embargo se ve muy poco; la mayor parte aquí es luz continua.

Aquí hay dos o tres líneas un poco fuertes, brillantes; pero la mayor parte es luz continua. No sabemos exactamente cómo interpretar eso. Al principio, como esas líneas brillantes no correspondían con ningún elemento químico que se pudiera producir en el laboratorio, se imputaba a un elemento « coronium », que no existe en la Tierra; pero después se ha sabido que estas líenas, pueden provenir de ciertos elementos (oxígeno y nitrógeno) en un estado que no podemos producir en el laboratorio, pero que sí puede existir en el espacio interestelar.

Aquí sobre la parte que está oscura por la Luna, se ha sobrepuesto un arco que yo no soy espectrocopista como para saber de qué materia es, pero probablemente sea de hierro.

Aplicando el principio del espectro-heliógrafo podemos estudiar las protuberancias y la atmósfera solar en cualquier momento, aun sin haber eclipse, si bien la idea surgió a un francés en momentos de un eclipse.

Observando la atmósfera solar a través de la ranura de un espectrógrafo, la luz que viene de allí, al atravesar el espectrógrafo hace un espectro y al registrarse se produce lo que está indicado aquí por las líneas punteadas.

Bien; en general, habrá la iluminación del campo causada por el Sol sobre la atmósfera y eso producirá aquí (señala) una cosa difusa. Pero aquella longitud de onda en que la luz del Sol es absorbida y que no existe aquí en la atmósfera presentará una línea negra. Y aquella longitud de onda en que la luz del Sol que ilumina la atmósfera aquí, no existe, pero sí existe aquí (señala), en estado caliente, gaseoso; es decir, que eso producirá dentro de la región donde existe, una línea brillante, y aquí (señala) oscura, donde no hay ese gas; pues bien, superponiendo sobre este espectro una segunda ranura que deje pasar solamente esta línea, entonces haciendo que las dos ranuras corran paralelamente y poniendo un placa detrás de esa segunda ranura, a medida que ésta recorra la imagen solar, ésta recorre la placa, y en cada posición registra la región en que existe ese gas.

Se aplica ese principio en Mount Wilson con esta torre de 50 metros de altura y 150 pies de distancia focal del objetivo (más o menos donde cae la sombra de mi lápiz), con un espejo que dirige la luz del Sol a través de este tubo focal. Poniendo la ranura para estudiar las distintas partes del Sol, luego la luz va a un espectrógrafo que está en un pozo debajo de la torre, y vuelve a la placa fotográfica. Aplicando este principio, puede registrarse la atmósfera solar en cualquier momento sin intervención de eclipses y pueden estudiarse también las protuberancias.

Estos son dos aspectos de una misma protuberancia, registrada a fines del siglo pasado. Es uno de los primeros registros con espectro-heliógrafo. Esto muestra que en esta escala la Tierra sería más o menos un disco de pocos centímetros de diámetro, pero como hay

entre esto y esto unas pocas horas de intervalo, muestra la violencia enorme con que son eyectados estos gases, que escapan a la atracción del Sol.

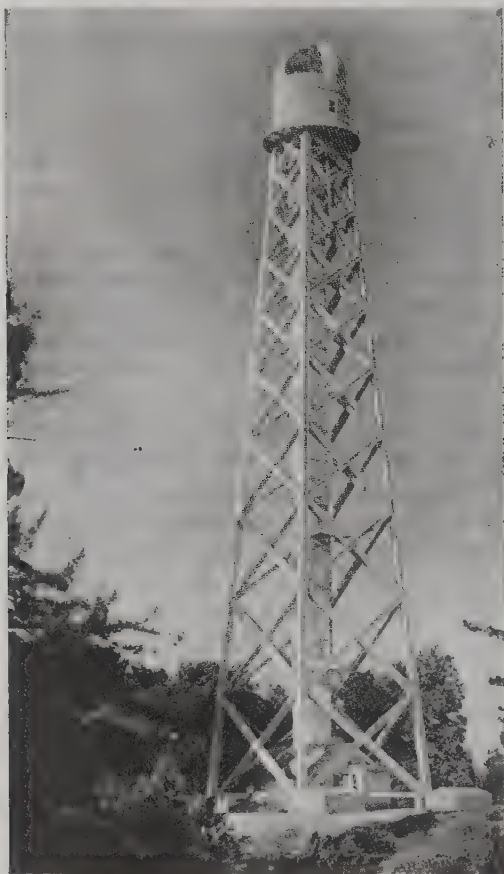


FIG. 4. — Telescopio torre, del Observatorio de Mount Wilson.

Yo dije que aquella protuberancia de 1919 la íbamos a ver otra vez. Aquí está cambiada en dirección y la vemos como fué observada (el mismo día, por supuesto) cuando el eclipse pasaba el Océano Atlántico; pero también al Oeste lo pudieron seguir y después

que había terminado el eclipse para la Tierra, en California siguieron observando la protuberancia, que aquí tenía unos 200.000 Km. de altura y aquí algo más y allí 300.000 Km., y la cosa fué materia perdida para el Sol.

—Se encienden las luces.

Las protuberancias que yo les he mostrado y la corona, son las cosas principales que se estudian. Hoy en día no es necesario hacer expediciones a eclipses para observar las protuberancias científicamente porque ellas pueden estudiarse en cualquier momento.

La corona, sin embargo, es aún un enigma, a pesar de que se ha inventado el coronógrafo y que efectivamente, mediante la supresión de los reflejos internos del instrumento, se producen eclipses artificiales (pero que no eclipsan artificialmente nuestra atmósfera) y se llega a registrar la parte interna de la corona. Sin embargo, hay mucho por saber en lo que es la corona, cómo se produce y cuál es su temperatura y su estructura.

De paso, podemos mencionar que en el eclipse de 1919 fué constatado el efecto Einstein; es decir, que los rayos luminosos, al atravesar el campo gravitacional, son desviados; entonces, si podemos observar una región del cielo cuando está metido allí un campo gravitacional fuerte y la misma región cuando no está ese campo gravitacional, hay posibilidad de saber la diferencia. Entonces, en un eclipse de larga duración, como el de 1919, que duró 5 minutos en algunos puntos, pueden registrarse las estrellas en el campo alrededor del Sol, fotografiándolas. Con el mismo instrumento, seis meses antes o después, se registra el mismo campo de estrellas sin el Sol; entoces el campo gravitacional habrá desviado la luz de las estrellas y esas imágenes habrán desviado un poco hacia afuera. Es otro problema que se ha vuelto a estudiar un poco en este último eclipse.

Ahora bien; para hablar estrictamente de este eclipse, la franja de visibilidad de la fase total atravesaba Sudamérica, desde Santiago de Chile, las provincias de Mendoza, y Corrientes, el sur del Paraguay y varios estados de la República del Brasil.

En Chile ocurrió al momento de salir el Sol y duraba apenas 2 minutos. En Mendoza, muy poco más. En Corrientes, a la media hora después de salir el Sol comenzaba el eclipse, la totalidad a una hora más (con el Sol 20° sobre el horizonte) y duraba 2 m. 50 s. En el Paraguay 3 m.; en el Brasil, en algunas regiones 4 m. es-

tando el Sol a 40 ó 50° de altura sobre el horizonte. Doble ventaja de posición y duración y por esa razón las expediciones europeas y norteamericanas que vinieron a Sud-América todas fueron al Brasil; mientras que las argentinas fueron, en su mayoría, a la provincia de Corrientes.

En Chile estaba el único observatorio oficial, pero no pudieron observar nada; uno de los astrónomos pudo levantarse en avión y percibir la corona, sacando algunas fotografías en pequeña escala, sin mayor valor científico.

En Mendoza estuvo despejado, pero debido a la poca duración no había ido ninguna expedición.

El Observatorio Nacional de Córdoba envió dos expediciones: una en la misma provincia, al norte de la ciudad de Córdoba, casi sobre la línea central de la franja, pero no vieron nada más que la obscuridad. La otra fué a Corrientes, en Nueva Valencia, obteniendo buenos resultados.

El Observatorio de La Plata envió una expedición a Santa Catalina, cerca de la anterior, y también tuvieron buen tiempo.

En el mismo campamento estuvo un destacamento del Observatorio Naval de la Dársena Norte, que tuvo a su cargo la filmación del eclipse a unos 50 cuadros por segundo, a fin de determinar los instantes de segundo y tercer contacto.

En Bebedouro, ciudad del estado de San Pablo, estuvo una expedición francesa, que teniendo por objeto el estudiar la ionización de la atmósfera, pudo obtener resultados a pesar de las nubes.

Las demás expediciones que fueron al Brasil estaban agrupadas en dos grupos; uno en Araxá y otro en Bocayuva, en el estado de Minas Geraes. En Araxá tuvieron nubes y no pudieron observar nada, si bien los rusos pudieron hacer algo. En Bocayuva, donde estaba la expedición más numerosa, — de los norteamericanos entre ellas —, tuvieron buen tiempo y, en cuanto sé, buen éxito también.

Yo mismo estuve con varios socios de la Asociación Amigos de la Astronomía, en Itatí, provincia de Corrientes, 70 Km al N. E. de la capital. Vimos el eclipse en perfectas condiciones, excepto una temperatura baja, poco agradable.

Yo fuí más bien para contribuir a que otros vieran inteligentemente el eclipse, pero también con el propósito de filmarlo, lo que no fué logrado por defectos de la máquina en parte y de la má-

quina humana en otra parte, porque la temperatura me impidió manipulear bien el obturador.

En general, al estudiar la corona, se han hecho estudios fotométricos, determinando la distribución de su intensidad, pero en cuanto a la luz total, nadie se ha preocupado. Yo fuí con el deseo de estudiar con qué intensidad nos ilumina el ambiente la corona. En los textos de Cosmografía se dice que la iluminación de eclipse total es parecida a la de una noche de Luna llena. Mi registro me indica que la Luna llena necesita para ennegrecer el papel fotográfico, 4 veces el tiempo de lo que necesita la corona. Como la ley del ennegrecimiento con respecto al tiempo e intensidad no es exactamente intercambiable, 4 veces el tiempo no indica que es la cuarta parte de la luz, sino algo más. Sin embargo, puedo decirles ya, que la intensidad de la iluminación producida por la corona es por lo menos el triple de la producida por la Luna llena.

Entonces, ¿porqué se dice en los textos que es parecida? La explicación es fácil: al producirse el eclipse total el oscurecimiento ha sobrevenido rápidamente. El cielo se ha oscurecido con tanta rapidez que el ojo humano no ha tenido tiempo para acomodarse a la oscuridad, quedando encandilado tal como sucede cuando uno entra desde la calle a un ambiente oscuro. Si uno pudiera dejar los ojos cerrados y abrirlos recién en los momentos del eclipse total, percibiría que es mucho más brillante, puesto que el papel fotográfico lo dice así.

Nada más.

DESCARTES, PRECURSOR DE LA CIENCIA MODERNA

POR LA

DRA. SILVIA E. MORALES GORLERI DE TRIBIÑO

Hay una idea, que es la médula del pensamiento cartesiano, expresada con fuerza siempre creciente a través de todo su sistema, y es la convicción de haber encontrado un método de valor universal capaz de ser aplicado con éxito para el conocimiento de toda la realidad. Método de un poder y una universalidad tan grande que estaba destinado a superar el silogismo aristotélico, revolucionar las concepciones clásicas de la ciencia y la filosofía y dar a la inteligencia humana un instrumento nuevo y más seguro para llegar a la posesión de la verdad.

Descartes concentra su atención en el método de las matemáticas y se convence que ese método sabiamente generalizado podría ser aplicable a todas las ciencias, permitiéndole al filósofo encontrar la ley por debajo del fenómeno, escudriñar los misterios de la creación y levantar el velo con que la naturaleza oculta sus más recónditos secretos.

El dogmatismo, la autoridad de los textos antiguos, la ciencia que se impartía en los colegios, habían perdido para Descartes todo su crédito bajo la clara luz de la razón. Todo el saber confuso y obscuro de la filosofía escolástica se le aparece como sospechoso, propio para fatigar la imaginación y poner obstáculos a la inteligencia, pero no para erigirse en un seguro camino de acceso hacia la realidad.

Descartes confiesa a menudo su desprecio por las matemáticas. Escribía al Padre Mersenne refiriéndole el disgusto que le causaba el estudio de esta ciencia, pero en realidad lo que él desdeñaba eran las matemáticas vulgares, tal como se enseñaban en su época, ciencia inútil porque se la cultivaba por ella misma sin buscar su utilidad. No le interesaba la demostración de los teoremas, « vanos

problemas con que suelen entretener sus ocios los lógicos y los geómetras », pero sentía admiración por ese resplandor de verdad que surge de sus demostraciones. Aspiraba a llevar a todas las ciencias esa claridad y exactitud propia de las matemáticas. « Me complacía — dice Descartes — sobre todo en las matemáticas, a causa de la certeza y evidencia de sus razones; pero aun no advertía cuál era su verdadero uso y, pensando que ellas no servían más que para las artes mecánicas, extrañábame que, siendo sus cimientos tan firmes y sólidos no se hubiese construído sobre ellos nada más elevado » (1). Sobre las ruinas de la filosofía escolástica, del silogismo aristotélico y de la ciencia tradicional que él había destruído con su duda metódica, Descartes se propuso levantar el monumental edificio de su sistema filosófico, y el medio que habría de utilizar para extraer del *cogito ergo sum* todo el mundo de las ideas era la evidencia matemática. « Esas largas cadenas de razones todas simples y fáciles, que los geómetras acostumbran emplear, para llegar a sus más difíciles demostraciones, habíanme dado ocasión de imaginar que todas las cosas de que el hombre puede adquirir conocimiento, se siguen unas a otras en igual manera, y que, con sólo abstenerse de admitir como verdadera una que no lo sea y guardar siempre el orden necesario para deducirlas unas de otras, no puede haber ninguna, por lejos que se halle situada o por oculta que esté, que no se llegue a alcanzar y descubrir » (2). Es evidente que no puede tomarse en serio ese aparente menosprecio que Descartes dice tener hacia las matemáticas, sino que, por el contrario, las consideraba como una ciencia de jerarquía superior. Quería basarla sobre más sólidos fundamentos para construir una ciencia universal que pudiera merecer el nombre de « mathesis » con que la designaban los griegos, una matemática más extensa y general de la cual había creído hallar vestigios en las obras de los antiguos, quienes, aceptando la distinción entre un saber superficial y un saber auténtico y profundo reservado para los iniciados, posiblemente no habrían dado a conocer sus investigaciones esotéricas por temor a ser ridiculizados si comunicaban al vulgo sus métodos de cálculo. Estos matemáticos en quienes habíase inspirado Descartes para rendir culto a esta ciencia fueron principalmente Apolonio,

(1) Descartes, R. — *Oeuvres*, tomo IV, « Discours de la methode ». Ed. Adams y Tannery, pág. 7, París, 1897-1909.

(2) Descartes, R. — *Oeuvres*, tomo IV, *Op. cit.*, pág. 19.

cuya obra le sirvió a Descartes y a Fermat como punto de partida para la geometría de las coordenadas, Diofanto de Alejandría, uno de los mayores genios matemáticos y en quien es probable que también se haya inspirado Fermat en sus investigaciones sobre la teoría de los números. Conocía también las obras de Cardan, cuya polémica con Tartaglia no desmereció en nada el prestigio de que gozaba y que legó a las matemáticas un procedimiento para el cálculo de ecuaciones de grados superiores. Habíase ocupado en estudiar los trabajos de Vieta, su más ilustre predecesor en este aspecto, porque fué quien, a fines del siglo XVI, empleó por primera vez las letras para designar tanto las cantidades conocidas como las incógnitas.

El álgebra y la geometría fueron las dos ciencias a las cuales dedicó Descartes su mayor atención, pero las miraba con criterio pragmático, pues deseaba que dejaran de ser materias abstractas sin aplicación ninguna, y transformarlas en disciplinas fecundas en resultados. Quería, no solamente perfeccionarlas, sino aplicarlas a toda clase de conocimientos, pues en el fondo del pensamiento cartesiano raciocinar no es más que calcular.

Respecto a la geometría, estaba en tiempos de Descartes de tal manera ceñida a la consideración de las figuras, que no podía ejercitar mucho el entendimiento sin fatigar la imaginación, y en cuanto al álgebra se había convertido en un arte confuso y obscuro « capaz solamente de poner obstáculos a la inteligencia en lugar de ser una ciencia adecuada para cultivarla » (1).

En efecto, a comienzos del siglo XVII, las matemáticas, a pesar de los avances parciales que hicieron Fibonacci, discípulo de los árabes, Nicolás de Oresme, que abre la posibilidad de representar gráficamente los fenómenos naturales susceptibles de ser medidos, y Vieta, el ilustre algebrista, estaba casi en el mismo estado en que la habían dejado los discípulos de la escuela de Alejandría. Desde muy temprano Descartes se dió a la tarea de perfeccionar el álgebra y la geometría. En la *Geometría* que Descartes publica en 1637 junto con la *Dioptrica* y *Los Meteoros,* como ensayos de su método, se trata por primera vez la solución de problemas geométricos mediante el sistema de las coordenadas, que él llama líneas fundamentales, y se deja establecido, también por vez primera, que una

(1) DESCARTES, R. — *Oeuvres,* tomo IV, *Op. cit.*, pág. 18.

línea curva puede expresarse mediante signos algebraicos por una relación entre dos rectas, y encuentra una ecuación de la cual se deducen las propiedades de la curva. Este hecho constituye por sí sólo una verdadera revolución en el campo de las matemáticas, que lo consagra como auténtico fundador de la geometría analítica, ciencia que sirve para establecer, mediante cálculos, las propiedades geométricas de las figuras.

Gracias al talento metafísico de que estaba dotado, advirtió Descartes que podían existir cantidades menores que el cero, que debían tomarse en sentido contrario de las que están afectadas positivamente. Es el primer matemático que utilizó el exponente para simplificar el mecanismo algebraico, estableciendo también el famoso método de las indeterminadas, aporte, por sí sólo, capaz de haber hecho de Descartes un matemático de primera línea.

Contrastando con la claridad de exposición y de método que caracterizan a las *Meditaciones metafísicas* y al *Discurso del Método,* la *Geometría* es la más ininteligible de sus obras. Su obscuridad reside en la excesiva brevedad de las explicaciones y en que suprime algunas demostraciones que no están más que implícitamente contenidas en su obra. Es que aquí no escribe Descartes para la generalidad de los lectores, ni aun para los versados en matemáticas, a tal punto que Mydorge, uno de los más grandes matemáticos de su época, pidió a Descartes, por intermedio del Padre Mersenne, la explicación de algunos pasajes que él consideraba abstrusos en la *Geometría.* « Sé que será muy reducido el número de los que podrán entender mi *Geometría* », escribe a Pemplius [1], médico muy versado en matemáticas. En una carta dirigida a M. de Beanne [2] se advierte que en la *Geometría* ha adoptado exprofeso la misma obscuridad que Aristóteles y Pitágoras habían seguido en sus escritos esotéricos y declara que ha omitido intencionalmente muchas cuestiones por ser demasiado fáciles.

No se digna Descartes contestar satisfactoriamente a las objeciones de Mydorge, pero se trabó con Fermat en una de las polémicas más fecundas que registra la historia de la ciencia. Para la solución de los problemas geométricos, Fermat había imaginado un método que expuso en su obra *De Maximis et de Minimis* en que

(1) DESCARTES, R. — *Oeuvres,* tomo II, « Correspondence », pág. 343.
(2) DESCARTES, R. — *Oeuvres,* tomo II, *Op. cit.,* pág. 510.

trataba la invención de la tangente a una línea curva, de los centros de gravedad de los sólidos, y otras cuestiones matemáticas. Descartes no compartió esta regla y se puso en franca oposición con Fermat. Las objeciones de Fermat contra la *Dioptrica* y la *Geometría* se cruzaban con las de Descartes contra el tratado *De Maximis et de Minimis,* quien creía que su obra contenía un método más eficaz para resolver estas graves cuestiones. La verdad es que Descartes había omitido tratar explícitamente este asunto, lo mismo que había hecho con el problema de las asíntotas.

A pesar de que a Fermat, por el hecho de haber propuesto por primera vez en forma explícita el problema de los máximos y los mínimos se lo ha colocado en el privilegiado lugar de precursor del cálculo diferencial, los matemáticos de su época se inclinaron, empero, a favor de Descartes. Pero hay que reconocer que esta polémica, junto con el problema de la trocoide, que se suscitó casi al mismo tiempo, tuvo el mérito de avivar el interés por estos temas, y los brillantes resultados obtenidos fueron suficientes para provocar la admiración de todos los sabios de Europa hacia esta ciencia que había recibido nueva fuerza por impulso de Descartes y una ilimitada importancia científica.

En la primera mitad del siglo XVII, período que ha sido tan fecundo en inteligencias superiores, cuatro hombres nacidos en países diferentes y que no se parecían ni por su carácter ni por su talento, Descartes en Francia, Kepler en Alemania, Galileo en Italia y Bacon en Inglaterra, contribuyeron poderosamente a la restauración general de las ciencias y fueron los verdaderos precursores del pensamiento moderno. Kepler y Galileo establecieron los fundamentos mecánicos sobre los cuales habría de descansar la ciencia del universo y señalaron el camino que seguiría en lo sucesivo la astronomía moderna, el uno llevando al universo físico consideraciones filosóficas de orden más elevado, y el otro por sus acertadas aplicaciones del método experimental, ese método que recomendara Francis Bacon para multiplicar al infinito el poder de la inteligencia humana y que estaba destinado a marcar el momento inicial en el desarrollo científico de los siglos venideros.

Por su parte, Descartes, al hacer del álgebra la clave de la geometría, dió un gran impulso a las ciencias exactas, que se transformaron por influencia del sistema cartesiano en las ciencias rectoras de la filosofía moderna. La hazaña de Descartes dominó

el pensamiento matemático hasta nuestros días y fué « la herramienta mediante la cual la humanidad occidental ha transformado la faz de la tierra, al aplicarla a la Física, a la Mecánica y a la Técnica » (1). Preparó el terreno para que Newton y Leibniz inventaran el cálculo infinitesimal, e impulsó los trabajos de Huyghens, Desargues y Pascal, cuyas investigaciones físicomatemáticas hicieron dar un paso agigantado a la ciencia del siglo XVII.

Descartes escribía al Padre Mersenne, años después de haber estado en Florencia, precisamente la ciudad donde Galileo, en la plenitud de su gloria, brillaba con todo el esplendor de su genio: « Por lo tocante a Galileo, os diré que no lo he visto jamás, ni he tenido ninguna comunicación con él, y que, en consecuencia, no puedo haber aprendido de él ninguna cosa. Por esto no veo nada en sus escritos que me cause envidia, ni casi nada que yo quisiere reconocer por mío. Todo lo mejor es lo que ha hecho en la música; pero los que me conocen podrían creer que él la habría tenido de mí más bien que yo de él: porque yo había escrito casi lo mismo hace diez y nueve años, en cuyo tiempo yo no había estado aun en Italia » (2).

Descartes, pues, no quiere ver en Galileo más que al músico, y estuvo en Florencia, sin demostrar interés por escuchar al célebre físico italiano que por el método experimental había obtenido, antes que él, resultados tan brillantes (3).

En el año 1633 Descartes tenía ya listo para enviar a la imprenta el *Tratado del Mundo*, que él deseaba que fuera su obra capital y donde exponía las conclusiones a que había llegado con sus

(1) Colerus, Egmont. — *Historia de la Matemática. De Pitágoras a Hilbert.* Ediciones Progreso y Cultura, pág. 196, Buenos Aires, 1943.

(2) Descartes, R. — *Oeuvres*, tomo II, *Op. cit.*, pág. 388.

(3) En general, Descartes se refiere siempre a Galileo en forma bastante descomedida. Por ejemplo, en una carta dirigida al Padre Mersenne, en junio de 1638, dice que no puede opinar sobre el libro de Galileo porque no lo ha visto todavía (*Oeuvres*, tomo II, *Op. cit.*, pág. 194). Algunos meses más tarde, refiere en otra de sus cartas que ha tenido este libro en sus manos y que ha empleado sólo dos horas en su lectura, pero confiesa que no vale la pena comentarlo (*Ibid.*, pág. 336). A instancias repetidas del Padre Mersenne se digna comentar la obra de Galileo, pero no ve en él más que al experimentador, al técnico que busca las razones de algunos efectos particulares pero no se ha detenido en considerar las primeras causas de la naturaleza (*Ibid.*, pág. 380).

experiencias acerca de la naturaleza. Pero vino a detenerlo una circunstancia imprevista: la condenación de Galileo por el Tribunal de la Inquisición. El Santo Oficio había declarado a Galileo convicto de herejía, porque el movimiento de la tierra era contrario a las Sagradas Escrituras y, modificando un decreto anterior, más tolerante, porque permitía suponer el movimiento de la tierra con tal de que no se diera por verdad indudable, se prohibía ahora en Roma enseñar esta opinión ni siquiera hipotéticamente, y Galileo, un anciano ya sexagenario, había sido condenado a una abjuración pública y a prisión perpetua, pena que después se trató de mitigar, según se desprende de la obra de sus biógrafos.

La noticia de la condenación de Galileo conmovió a Descartes, a tal punto que decidió postergar la publicación de su *Tratado del Mundo,* donde emitía también la opinión del movimiento de la tierra, considerada como herética por la Inquisición. « No busco — dice Descartes para justificar el no haber defendido esta tesis de Galileo — más que el reposo y la tranquilidad de espíritu, aquellos bienes que no pueden ser poseídos por los que tienen animosidad o ambición » (1). Suprimió, pues, de esta obra las partes más importantes, que lo pusieron temeroso por las censuras del Santo Oficio, y optó por modificar el sistema de Copérnico, hecho que lo hizo caer en el absurdo al decir que la tierra puede considerarse en perfecto reposo mientras se deja arrastrar por el torrente da la materia donde nada, así como se dice que un hombre que duerme en una nave está en reposo mientras que es la nave la que en realidad se mueve (2). *Los Principios* reemplazan al *Tratado del Mundo,* que recién apareció años más tarde, y que no se había atrevido a publicar por la condenación dictada contra el célebre físico de Florencia. Según su contemporáneo y biógrafo Baillet, desde entonces no se atrevía a hablar mucho, a pesar de todo lo que había escrito, para explicar y justificar su opinión con respecto al movimiento de la tierra.

En *Los Principios,* obra que Descartes dedica a la princesa Elizabeth, su discípula predilecta, sostiene la teoría de los torbellinos, que es la quintaesencia del espíritu mecanicista. El Universo se nos aparece como una inmensa máquina cuyo funcionamiento ha

(1) DESCARTES, R. — *Oeuvres,* tomo I, « Correspondence », pág. 282.

(2) DESCARTES, R. — *Oeuvres,* tomo VIII, « Principia Philosophiae », pág. 203 y siguientes.

dispuesto Dios desde el momento de la creación, de acuerdo a un esquema matemático. En el Universo mecánico de Descartes nuestro sistema solar es sólo una pequeña rueda de la máquina universal, rueda gigantesca que se extiende hasta la órbita de Saturno, el más alejado de los planetas que se conocían en aquel entonces, órbita que señala los confines del mundo solar. Pero esta rueda, ínfima si consideramos la totalidad del Universo, se comunica en el sistema de Descartes con otra rueda semejante cuyo diámetro puede ser mayor aun que el de nuestro sistema solar. Y esta segunda con otra tercera, y así al infinito, ya que para Descartes el espacio es infinito, ilimitado y sin espacios vacíos.

En este esquema la idea de espacio está unida a la extensión, y ésta a la materia, porque los cuerpos pueden despojarse de sus cualidades pero la extensión quedará como inherente a ellos, de donde la extensión, en el pensamiento cartesiano, se identifica con la materia, y la materia constituye el espacio. En la física cartesiana domina la idea de un Universo mecánico, del cual excluye toda idea de finalidad, y entre este sistema de cuerpos sólidos relacionados por la más estricta causalidad imagina la existencia de un fluido continuo, de una materia sutil, que presenta bastante analogía con el éter que durante tantos años ha postulado la física moderna.

En la *Dioptrica* había sentado ya las bases de la teoría ondulatoria de la luz, contra la cual reacciona después la física newtoniana, pero a la cual vuelve la ciencia físicomatemática a raíz de los trabajos de Fresnel y de Foucault. Por otra parte, al suponer Descartes que un astro en el momento de llegarnos su luz no está ya en el sitio en que lo vemos, bien podría haber inducido a Roemer al notable descubrimiento de la velocidad de la luz.

Lo que da un carácter propio a la filosofía cartesiana es el considerar la matemática como instrumento para investigar los problemas de la naturaleza, y es por eso que al transportar la concepción mecanicista al mundo de los seres vivos busca afanosamente, mediante disecciones anatómicas, el misterio de la vida y la formación de los órganos. Pero ese genio maligno y omnipotente que se propone engañar al hombre en todos sus juicios, lo induce al error cuando quiere aplicar las reglas de su matemática inflexible al funcionamiento de los órganos, buscando en las relaciones de causa a efecto las leyes últimas a que responden los fenómenos biológicos,

sin pensar que la vida, ese principio tan desconocido entre nosotros como en tiempos de Descartes, obra con independencia del orden geométrico y que es temerario querer supeditar las acciones de los organismos vivos a las leyes que rigen la materia inerte y predecir con exactitud matemática el orden sucesivo de todos los acontecimientos.

Leyendo las obras de Descartes, en los pocos fragmentos de fisiología que contiene, asombra, sin embargo, el encontrarse a cada instante con observaciones de gran exactitud, tales como la comprobación de la mecánica circulatoria, ya establecida por Harvey, algunos conceptos y nuevas ideas sobre embriogenia, y hasta el germen de la teoría celular, intuiciones que se anticipan a los más importantes descubrimientos de la ciencia moderna. Es que Descartes, a pesar de su excesivo racionalismo, era un genio observador y metódico. Hacía varios años ya que Harvey había dado a conocer públicamente sus investigaciones sobre la gran circulación de la sangre, después de pacientes experimentos, y este hecho había levantado muchas tempestades al sustituir por una verdad nueva el error consagrado por los siglos. Este descubrimiento de Harvey, tan controvertido en su época por los que negaban el fenómeno de la circulación, es motivo para Descartes de observaciones minuciosas y repetidas experiencias. Y en esto aplica Descartes, pacientemente, el método que había propuesto en el *Discurso*: comienza por no admitir ni negar dogmáticamente este fenómeno hasta que no se le presenta con toda claridad y evidencia. Después de haber examinado las dificultades, y cuando ya no le fué posible dudar más, defendió el descubrimiento de Harvey con tanto entusiasmo como autoridad científica contribuyendo eficazmente a derrotar a los investigadores que negaban el fenómeno de la circulación de la sangre.

La crítica epistemológica se cernirá implacable sobre el sistema cartesiano. Se dirá que ha incurrido en un círculo vicioso. La geometría analítica resultará para Brunschvicg (1) « una filosofía de geómetras », se argumentará que representa la fusión de lo psicológico y lo lógico porque es la combinación de los números que son entes lógicos y del espacio concebido como extenso y exterior a la mente en el pensamiento de Descartes, en oposición al espacio ideal de n dimensiones de las geometrías no euclidianas. Hasta se dirá

(1) BRUNSCHVICG, LEÓN. — *Las etapas de la filosofía matemática*, 1945.

con Russell [1] que los temas de la filosofía cartesiana se han desarrollado con mayor lucidez en otros filósofos anteriores. Es verdad que la idea directriz del pensamiento cartesiano no podía dejar de conducir a error cuando aplicó las relaciones mecánicas y rigurosas entre causas y efectos a cosas que existen ciertamente, pero cuya estructura última, su mecanismo íntimo, su esencia, se nos escapan por su naturaleza irracional, como cuando quería supeditar a la explicación mecánica las complejas acciones de los organismos vivos o cuando suprime el alma de las bestias, porque ello habría bastado para perturbar el juego del rígido mecanismo cartesiano. Hoy nadie duda que estos son errores. Pero es necesario tener presente que no es dable pedir a un solo hombre el ser el depositario exclusivo de todas las verdades, y que aun los abusos del mecanicismo fueron también útiles para dar el golpe de gracia a las entidades quiméricas, a las cualidades ocultas, a las formas substanciales, a esos «ídolos de la inteligencia» como los llamara Bacon, y para expulsar definitivamente de la ciencia aquellas entidades metafísicas a quienes rendía culto la filosofía medieval.

(1) RUSSELL, BERTRAND. — *A History of the western Phylosophy*, 1945.

ELEMENTOS DE LA TEORÍA DE LAS ECUACIONES INTEGRALES. APLICACIONES A LA MATEMATICA ACTUARIAL Y A LA DINÁMICA ECONÓMICA

POR EL PROF. DR.

E. A. DE CESARE

Profesor de Análisis Matemático de la Escuela Naval Militar

Χαλεπὰ τὰ καλα
(*Las cosas bellas son difíciles*).
PLATÓN.

INTRODUCCIÓN (1)

Decía el filósofo PLATÓN: « Numeri regunt mundum », es decir, los números gobiernan al mundo. La historia de la ciencia parece probar que así es en efecto. Los griegos estudiaron las secciones cónicas, particularmente por obra de APOLONIO DE PÉRGAMO, cuyo tratado de las cónicas (2) es un monumento exhaustivo acerca del asunto. Varios siglos después este conocimiento permitió a KEPLER enunciar sus leyes relativas al movimiento de los planetas. LEIBNITZ y NEWTON descubrieron el cálculo infinitesimal y más tarde pudo NEWTON con este instrumento analítico estudiar la mecánica celeste. RICCI y LEVI-CIVITA inventaron el cálculo diferencial absoluto que le permitió a EINSTEIN, conjuntamente con la geometría de RIEMANN, formular su teoría de la relatividad, una de cuyas fórmulas contenía ya y preveía, lo que ahora sabemos acerca de la bomba atómica.

Todo esto quiere pues, significar, que a medida que avanzan nuestros conocimientos científicos y más particularmente aún matemáticos, avanzamos también en el dominio del mundo, entendien-

(1) Esta exposición no está dirigida a los matemáticos, sino a los estudiantes de Ciencias Económicas. Esperamos así que aquellos nos dispensarán el carácter intuitivo que hemos dado a nuestra exposición.

(2) Véase: *Les Coniques D'Apollonius de Perge*. Traduit par Paul Ver Eecke. Editor: Deselée, de Brouwer et Cie. Bruges. 1923.

do por dominio del mundo, el dominio de sus fuerzas naturales y en este sentido será eternamente verdadera la luminosa expresión de FRANCISCO BACÓN: « *Natura enim non nisi parendo vincitur* »; para domeñar a la naturaleza hay que obedecer sus leyes. Esta exposición está dirigida a los estudiantes de Ciencias Económicas. Es por eso que en ella hemos querido dar una introducción muy elemental de la teoría de las *ecuaciones integrales* a fin de que los alumnos del doctorado en Ciencias Económicas, comprendan que no es posible abordar en profundidad, los problemas técnicos que podrá ofrecerles su profesión, si antes no están munidos suficientemente con este instrumento maravilloso: la matemática. La historia de la ciencia y el dominio de las fuerzas naturales que ha adquirido la técnica moderna, hacen que tengamos que seguir repitiendo con PLATÓN: los números gobiernan el mundo.

§ 1. — Una ecuación integral relativa a una función incógnita $\Phi(x)$, de una variable real x, es una ecuación que contiene a dicha función incógnita bajo el signo de integración. Por ejemplo; la expresión:

$$\Phi(x) - \lambda \int_0^1 2\, e^{x+t}\, \Phi(t)\, f dt = e^x \qquad [1]$$

es una ecuación integral, donde la incógnita es la función $y = \Phi(x)$.

Como se ve, la función $\Phi(x)$, no sólo aparece fuera de la integral, sino también bajo dicho signo.

Resolver la ecuación significa determinar la función $\Phi(x)$ de modo que substituída en [1], dicha ecuación quede satisfecha.

Las ecuaciones integrales más ampliamente estudiadas son las llamadas *ecuaciones integrales lineales*, con una sola función incógnita, es decir, son ecuaciones en que la función incógnita aparece sólo linealmente o sea elevada a la potencia 1. La ecuación [1] es una ecuación integral lineal; en cambio la ecuación

$$\Phi(x) - \lambda \,.\int_a^b K(x_1 t)\, \Phi^3(t)\, dt = 0 \qquad [2]$$

o de un modo más general:

$$\Phi(x) - \lambda \,.\int_a^b K(x\, t)\, F[\Phi(t)]\, dt = f(x) \qquad [2']$$

no lo es, puesto que la función $\Phi(t)$ en la [2] aparece elevada a la potencia 3.

§ 2. — Las ecuaciones integrales lineales tienen como expresión general la siguiente:

$$g(x) \cdot \Phi(x) - \lambda \cdot \int_{\varphi_1(x)}^{\varphi_2(x)} K(x\,t)\,\Phi(t)\,dt = f(x) \qquad [3]$$

En esta ecuación se suponen conocidas todas las funciones con excepción de la función $\Phi(x)$, que es la función a determinar. En cuanto a λ es un parámetro que se introduce por razones de conveniencia.

La función $K(x, t)$ que aparece bajo el signo de integración recibe el nombre de *núcleo* de la ecuación integral; se la suele designar con la letra K debido a que en alemán se llama *Kern.* Los autores franceses suelen indicarla con $N(x, t)$, siendo N la inicial de *núcleo.*

§ 3. — Si en [3] suponemos: $g(x) \equiv 0$; $\varphi_1(x) \equiv 0$; $\varphi_2(x) = x$ se tiene:

$$\int_0^x K(x\,t)\,\Phi(t) = f(x) \qquad [4]$$

Si suponemos en cambio: $g(x) \equiv 1$; $\varphi_1(x) \equiv 0$; $\varphi_2(x) = x$ sale:

$$\Phi(x) - \lambda \cdot \int_0^x K(x\,t)\,\Phi(t)\,dt = f(x) \qquad [5]$$

Las ecuaciones [4] y [5] se llaman ecuaciones de Volterra, la [4] se dice que es de primera especie, la [5] de segunda especie.

§ 4. — Si en [3] suponemos: $g(x) \equiv 0$; $\varphi_1(x) \equiv a$; $\varphi_2(x) \equiv b$, donde a y b son constantes, resulta (suprimiendo λ):

$$\int_a^b K(xt)\,\Phi(t)\,dt = f(x) \qquad [6]$$

si se supone en cambio: $g(x) \equiv 1$; $\varphi_1(x) \equiv a$; $\varphi_2(x) \equiv b$ resulta:

$$\Phi(x) - \lambda \cdot \int_a^b K(xt)\,\Phi(t)\,dt = f(x) \qquad [7]$$

Las ecuaciones [6] y [7] son las llamadas ecuaciones de Fredholm: la [6] se dice que es de 1ª especie, la [7] de segunda especie.

Las ecuaciones se dice que son homogéneas, si se verifica que $f(x) \equiv 0$.

La ecuación:

$$g(x)\,\Phi(x) - \lambda\,.\int_a^b K(xt)\,\Phi(t)\,.\,dt = f(x)$$

se dice que es de 3ª especie, cuando la función $g(x)$ admite ceros en el intervalo (a, b). En caso contrario, puede evidentemente reducirse a una ecuación de 2ª especie.

§ 5. — La ecuación integral se llama singular cuando uno o ambos límites de integración son infinitos, como por ejemplo:

$$\Phi(x) - \lambda\,.\int_0^{+\infty} K(xt)\,\Phi(t)\,dt = f(x)$$

o bien cuando el núcleo se vuelve infinito en uno o más puntos del intervalo de integración, como por ejemplo en la ecuación:

$$\int_0^x \frac{\Phi(t)}{(x-t)^\alpha}\,dt = f(x) \qquad (0 < \alpha < 1)$$

en que el núcleo: $K(xt) = \dfrac{1}{(x-t)^\alpha}$ se vuelve infinito para el límite superior $t = x$.

§6. — La introducción de las ecuaciones integrales en el análisis matemático es debida a Laplace (1783) que consideró las ecuaciones:

$$\int_a^b e^{xt}\,\Phi(t)\,dt = f(x) \quad ; \quad \int_a^b t^{x-1}\,\Phi(t)\,dt = f(x)$$

donde $f(x)$ es una función conocida, siendo $\Phi(x)$ la función incógnita.

La primer ecuación integral de la cual fué obtenida una solución, fué la ecuación de Fourier:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \cos(xt)\,.\,\Phi(t)\,dt = f(x)$$

de la cual, bajo ciertas condiciones, una solución es:

$$\Phi(x) = \frac{2}{\pi}\int_0^\infty \cos(xt) f(t)\, dt.$$

Abel (1823) fué conducido más tarde a una ecuación integral en conexión con un problema de mecánia y obtuvo dos soluciones del problema. N. SONINE (1884) sacó partido del artificio de cálculo empleado por Abel y estudió una ecuación de la misma forma que la de Abel, pero de un carácter más general. Liouville (1837) investigó igualmente una ecuación integral que apareció en el curso de sus investigaciones acerca de las ecuaciones diferenciales, descubriendo un importante método para resolverlas. V. Volterra (1896) en varias notas presentadas a la Academia de Ciencias de Turín y de Roma abordó por un método directo, el estudio general de la ecuación integral:

$$\int_0^x K(xt)\,\Phi(t)\, dt = f(x).$$

Ivor Fredholm (1900) estudió brillantemente la ecuación integral:

$$\Phi(x) - \lambda.\int_a^b K(xt)\,\Phi(t)\, dt = f(x),$$

cuyo método de resolución expondremos más tarde.

David Hilbert (1904) publicó seis memoriaas fundamentales empleando como método de resolución la de cierta clase de ecuaciones lineales con infinitas variables, donde estudia particularmente las propiedades de los llamados núcleos simétricos, es decir, núcleos tales que $K(xt) = K(tx)$. Schmidt (1907) estudió y demostró los resultados de Hilbert, por un método directo, ocupándose particularmente de los núcleos simétricos. Los últimos resultados están constituídos por los trabajos de Courant, empleando en su estudio, los métodos del cálculo de variaciones.

La denominación de ecuaciones integrales fué introducida por Paul de Bois-Reymond (1888); la división de ecuaciones integrales de 1ª, 2ª y 3ª especie se debe a Hilbert.

§ 7. — La importancia fundamental del estudio de las ecuaciones integrales, particularmente en lo que se refiere a los problemas de

física matemática, reside en el hecho de que en la mayoría de los casos las ecuaciones diferenciales conjuntamente con sus condiciones de contorno, pueden resumirse en una única ecuación integral, formulando nuevamente los problemas y reduciendo su solución a la de una ecuación integral. Si esta última puede ser resuelta, las dificultades de orden matemático, no son esencialmente mayores, cuando se aumenta el número de las variables independientes, mientras que en el caso de las ecuaciones diferenciales, el problema se vuelve mucho más complejo, cuando se pasa de una ecuación diferencial ordinaria al caso de una ecuación con derivadas parciales, como acontece por ejemplo con la clásica ecuación de Laplace:

$$\Delta U = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = 0$$

Resulta de aquí que la teoría de las ecuaciones integrales proporciona un método uniforme para el estudio de los llamados problemas de contorno, que la física y actualmente la técnica proporcionan.

§ 8. — Por ejemplo, consideremos el problema de contorno, relativo a la ecuación de Laplace. Sea C una curva cerrada sin puntos múltiples y de la clase c'', es decir tal que las funciones:

$$\begin{cases} x = \xi(s) \\ y = \eta(s) \end{cases} \qquad (0 \leq s \leq l)$$

que definen paramétricamente a la curva C admitan derivadas primeras y segundas continuas y tales que x', y' no sean nulas simultáneamente $\left(x' = \frac{dx}{ds}\,;\; y' = \frac{dy}{ds}\right)$.

Sea D el conjunto de los puntos de la región del plano limitada por C y del contorno C mismo. Se quiere determinar una función que en todo punto del dominio limitado por C sea armónica, es decir, satisfaga a la ecuación de Laplace:

$$\Delta U = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = 0$$

y que a lo largo del contorno C sea igual a una función $f(s)$ prefijada, o en otros términos que se verifique (1):

$$\lim_{\substack{x \to \xi \\ y \to \eta}} U(xy) = f(s)$$

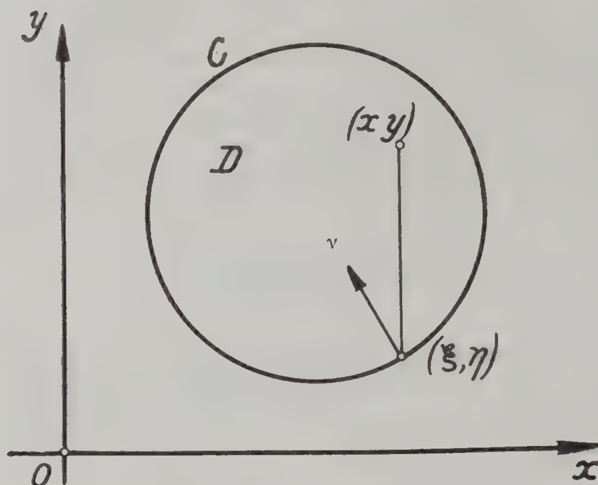


FIG. 1.

Supongamos que:

$$\begin{cases} \xi(0) = \xi(l) \\ \eta(0) = \eta(l) \end{cases}$$

Sea $(\xi\,\eta)$ un punto sobre C y (xy) un punto fijo en D que no pertenezca a C. Sea también ν la normal interior a C en el punto (ξ, η). Escribamos:

$$r = \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2} = r(x, y \mid s)$$

e indiquemos con $\mu(s)$ una función continua a lo largo de C, entonces, como es sabido (1), la función:

$$U(xy) = \int_0^l \mu(s) \frac{\partial}{\partial \nu} ln \frac{1}{r(x, y \mid s)} ds \qquad [\alpha]$$

satisface a la ecuación de Laplace.

$$\Delta U = 0$$

(1) Deseo agradecer aquí a mi colega el Ing. Alejo Fournier, quien tomó a su cargo la tarea de dibujar las figuras que aparecen en este trabajo.

Tratemos de encontrar una función $\mu(s)$ continua a lo largo de C. Tal que cuando $x \to \xi(\tau)$; $y \to \eta(\tau)$; donde $\xi(\tau)$; $\eta(\tau)$ es un punto de C de modo que $0 \leqq \tau \leqq l$, se verifique:

$$\lim_{\substack{x \to \xi(\tau) \\ y \to \eta(\tau)}} U\ (xy) = \mu\ (\tau)$$

Entonces cuando el punto (xy) [1] del dominio D tiende a un punto $[\xi(\tau) ; \eta(\tau)]$ del contorno, si bien la integral (α) existe, expermienta un salto igual a $2\,\pi\mu(\tau)$ y en consecuencia se puede escribir:

$$\lim_{\substack{x \to \xi(\tau) \\ y \to \eta(\tau)}} U\ (xy) = \int_0^l \mu\ (s)\ \frac{\partial}{\partial \nu}\, ln .\frac{1}{r\ [\xi\ (\tau),\ \eta\ (\tau)\ |\ s]} .\ ds + 2\,\pi\,\mu\ (\tau) \quad [\beta]$$

Si finalmente imponemos las condiciones de que:

$$\lim_{\substack{x \to \xi(\tau) \\ y \to \eta(\tau)}} U\ (x, y) = f\ (\tau)$$

siendo $f(\tau)$ una función prefijada, la ecuación (β) se escribe:

$$2\,\pi\,\mu(\tau) + \int_0^l \mu\ (s)\ .\ \frac{\partial}{\partial \nu}\, ln\, \frac{1}{r\ [\xi\ (\tau),\ \eta\ (\tau)\ |\ s]}\ ds = f\ (\tau) \qquad [\gamma]$$

o bien escribiendo:

$$F\ (\tau) = \frac{f\ (\tau)}{2\,\pi}\ ;\quad K\ (\tau, s) = \frac{1}{2\pi}\,\frac{\partial}{\partial \nu} .\ ln\, \frac{1}{r\ [\xi\ (\tau),\ \eta\ (\tau)\ |\ s]}$$

resulta para la $[\gamma]$.

$$\mu\ (\tau) + \int_0^l K\ (\tau, s)\ \mu\ (s)\ .\ ds = F\ (\tau) \qquad [\delta]$$

que es una ecuación integral lineal de 2ª especie de Fredholm cuya función incógnita es $\mu(\tau)$. Determinada esta función en virtud de la (δ) y substituyendo dicha función en la (α) queda determinada la función $U = U(xy)$ y por lo tanto resuelto el problema de contorno.

(1) Véase: HORN, J., *Particlle Differentialglicchungen.* Walter de Gruyter und Co. Berlín. 1929 (§ 32).

§ 9. — Las ecuaciones lineales de 2ª especie de Fredholm, con un parámetro λ pueden resolverse según tres métodos a saber:

1º) El método de las substituciones sucesivas, debido a Neumann, Liouville y Volterra; este método conduce a una solución definida por una serie de potencias de λ, serie que converge absolutamente para valores de λ, menores en valor absoluto que un cierto número fijo ϱ.

2º) El método de Fredholm, conduce a una solución mediante des series enteras de potencias de λ a saber: las funciones $D(\lambda)$ y $D\left(\begin{smallmatrix}x\\y\end{smallmatrix}\,\middle|\,\lambda\right)$ con radios de convergencia infinitos.

3º) El método desarrollado por Hilbert y Schmidt, nos da una solución en función de un conjunto finito o infinito numerable de las llamadas *funciones fundamentales* y ciertos *valores característicos* λ_α del núcleo, para cada uno de los cuales, la ecuación homogénea, admite la solución $\Phi_\alpha(x)$, es decir tal que:

$$\Phi_\alpha(x) = \lambda_\alpha \int_a^b K(xt)\,\Phi_\alpha(t)\,dt.$$

Nosotros nos vamos a ocupar particularmente de las ecuaciones de 2ª especie de Fredholm, estudiando previamente algunos casos particulares.

§ 10. — Consideremos por ejemplo la ecuación de Volterra de 2ª especie

$$\Phi(x) - \int_0^x (x-t)\,\Phi(t)\,dt = x \qquad [1]$$

en esta ecuación se tiene que $K(x,t) = x - t$ es el núcleo, mientras que $f(x) = x$, ambas son funciones conocidas.

Para resolver la [1] recordemos (¹) la regla que permite derivar un integral paramétrico.

$$F(\alpha) = \int_a^b f(x\alpha)\,dx$$

donde $a = a(\alpha)$; $b = b(\alpha)$, son funciones conocidas de α y que dice:

$$\frac{dF(\alpha)}{d\alpha} = \int_a^b \frac{\partial f(x,\alpha)}{\partial\alpha}\,dx + f(b,\alpha)\,.\,\frac{db}{d\alpha} - f(a,\alpha)\,\frac{da}{d\alpha}\,.$$

(¹) Véase: PINCHERLE, S., *Lezioni di Calcolo Infinitesimale*. N. Zanichelli. Bologna. 1920 (Pág. 419).

Teniendo en cuenta que en [1] x figura como parámetro, y derivando con respecto a x sale:

$$\Phi'(x) - \int_0^x \Phi(t)\, dt = 1 \qquad [1']$$

derivando esta última expresión nuevamente, sale:

$$\Phi''(x) - \Phi(x) = 0 \qquad [2]$$

que es una ecuación diferencial homogénea de 2º orden.

La ecuación característica: $\varphi(r) = r^2 - 1 = 0$ nos da las raíces $r = \pm 1$, luego la solución general de la [2] resulta ser:

$$\Phi(x) = Ae^x + Be^{-x} \qquad [3]$$

Las constantes se determinan escribiendo que la [3] satisface a la [1]. Substituyendo en ella la [3] se tiene la posibilidad de determinar las constantes. Pero puede también procederse así: Si en [1] hacemos $x = 0$ resulta:

$$\Phi(0) = 0$$

Si en [3] hacemos $x = 0$ sale: $\Phi(0) = A + B = 0$: $B = -A$, luego en [3] será:

$$\Phi(x) = A(e^x - e^{-x})$$

Si substituimos esta expresión en [1′] se tiene:

$$A(e^x + e^{-x}) - A\int_0^x (e^t - e^{-t})\, dt = 1.$$

efectuando operaciones y simplificando finalmente resulta: $A = \frac{1}{2}$. Por lo tanto, la solución de nuestra ecuación integral [1] será:

$$\Phi(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{2} = Sh\, x.$$

b) Consideremos ahora el caso de una ecuación de **Fredholm**

$$\Phi(x) - \lambda . \int_0^\pi \operatorname{sen} x\, \Phi(t)\, dt = \cos x \qquad [1]$$

Esta ecuación se puede escribir:

$$\Phi(x) - \lambda \int_0^\pi \Phi(t)\, dt = \cos x \qquad [2]$$

y teniendo en cuenta que la integral

$$A = \int_0^\pi \Phi(t)\, dt \qquad [3]$$

es una constante, la [2] nos da finalmente:

$$\Phi\,(x) = A\,\lambda \operatorname{sen} x + \cos x \qquad [4]$$

Si este valor [4] de $\Phi(x)$ lo substituímos en [3] sale:

$$A = \int_0^\pi \Phi\,(t)\,dt = \int_0^\pi \{A\,\lambda \operatorname{sen} t + \cos t\}\,dt =$$

$$= A\,\lambda \int_0^\pi \operatorname{sen} t\,dt + \int_0^\pi \cos t\,dt = -A\,\lambda\,\{\cos t\}_0^\pi = 2\,A\,\lambda$$

$$\therefore \qquad A\,(1 - 2\,\lambda) = 0 \qquad [5]$$

De la [5] resulta: 1º) Si $\lambda \neq \frac{1}{2}$, debe ser $A = 0$ y en virtud de la [4] la solución de nuestra ecuación [1] será:

$$\Phi\,(x) = \cos x.$$

lo cual es evidente, pues siendo $\int_0^\pi \Phi(t)dt = 0$ la [1] se reduce a la identidad: $\cos x \equiv \cos x$.

2º) Si $\lambda = \frac{1}{2}$, A puede tener un valor constante arbitrario. La [1] toma la forma:

$$\Phi\,(x) - \frac{1}{2}\int_0^\pi \operatorname{sen} x\,\Phi\,(t)\,dt = \cos x \qquad [1']$$

y admite como solución:

$$\Phi\,(x) = A\,\frac{1}{2} \operatorname{sen} x + \cos x = A_1 \operatorname{sen} x + \cos x \qquad (A_1 = \text{cte})$$

c) Sea ahora la ecuación:

$$\Phi\,(x) - \lambda.\int_a^b K\,(xt)\,\Phi\,(t)\,dt = f\,(x) \qquad [1]$$

y supongamos que el núcleo sea *degenerado,* es decir de la forma:

$$K\,(xt) = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i\,(x)\,.\,\beta_i\,(t) \qquad [2]$$

siendo las funciones $\alpha_i(x)\,(i = 1, 2 \ldots n)$ linealmente independientes, o sea que si $C_1 \ldots C_n$ son constantes, la relación:

$$\sum_{i=1}^{n} C_i\,\alpha_i\,(x) = C_1\,\alpha_1\,(x) + \ldots + C_n\,\alpha_n\,(x) \equiv 0$$

es idénticamente nula y por lo tanto debe ser $C_i = 0$ $(i = 1, 2 \ldots n)$. La [2] substituída en [1] nos da:

$$\Phi(x) - \lambda . \int_a^b \sum_{i=1}^n \alpha_i(x)\, \beta_i(t)\, \Phi(t)\, dt = f(x)$$

o también:

$$\Phi(x) - \lambda . \sum_{i=1}^n \alpha_i(x) \left[\int_a^b \beta_i(t)\, \Phi(t)\, dt \right] = f(x) \qquad [3]$$

de modo que si ponemos:

$$\xi_i = \int_a^b \beta_i(t) \, . \, \Phi(t)\, dt \qquad [\alpha]$$

la [3] puede escrbiirse:

$$\Phi(x) - \lambda . \sum_{i=1}^n \xi_i\, \alpha_i(x) = f(x) \qquad [4]$$

O sea, como solución para $\Phi(x)$ se tendrá:

$$\Phi(x) = f(x) + \lambda \sum_{i=1}^n \xi_i\, \alpha_i(x) = f(x) + \{\xi_1\, \alpha_1(x) + \ldots + \xi_n\, \alpha_n(x)\}\, \lambda \qquad [5]$$

y el problema ueda reducido à la determinación de las constantes ξ_i $(i = 1, 2 \ldots n)$.

Para resolver nuestro problema observemos que en [5] se puede cambiar el nombre al índice y escribir:

$$\Phi(x) = f(x) + \lambda \sum_{\mu=1}^n \xi_\mu\, \alpha_\mu(x).$$

expresión que substituída en (α) nos da:

$$\xi_i = \int_a^b \beta_i(t) \left\{ f(t) + \lambda \sum_{\mu=1}^n \xi_\mu\, \alpha_\mu(t) \right\} dt =$$

$$= \int_a^b \beta_i(t)\, f(t)\, dt + \lambda \sum_\mu \xi_\mu \int_a^b \beta_i(t)\, \alpha_\mu(t)\, dt \qquad [6]$$

De modo que si escribimos:

$$\begin{cases} f_i = \int_a^b \beta_i(t) f(t)\, dt \\ C_{i\mu} = \int_a^b \beta_i(t)\, \alpha_\mu(t)\, dt \end{cases} \qquad [\beta]$$

la [6] podrá escribirse:

$$\xi_i - \lambda \sum_{\mu=1}^{n} C_{i\mu}\, \xi_\mu = f_i \quad [7] \qquad \begin{pmatrix} i = 1, \dots n \\ \mu = 1, \dots n \end{pmatrix}$$

Escribiendo *in extenso* el sistema [7] sale:

$$\begin{array}{l} (1 - \lambda C_{11})\,\xi_1 - \lambda C_{12}\,\xi_2 - \qquad - \lambda C_{1n}\,\xi_n = f_1 \\ - \lambda C_{21}\,\xi_1 + [1 - \lambda C_{22}]\,\xi_2 - \qquad - \lambda C_{2n}\,\xi_n = f_2 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ - \lambda C_{1}\,\xi_1 - \lambda C_{n2}\,\xi_2 - \qquad + (1 - C_{nn})\,\xi_n = f_n \end{array} \qquad [S]$$

La resolución del sistema lineal [S] nos conduce al estudio del determinante del sistema a saber:

$$D_n(\lambda) = \begin{vmatrix} 1 - \lambda C_{11} & 0 - \lambda C_{12} \dots\dots 0 - \lambda C_{1n} \\ 0 - \lambda C_{21} & 1 - \lambda C_{22} \dots\dots 0 - \lambda C_{2n} \\ \dots\dots & \dots\dots\dots\dots \\ 0 - \lambda C_{n1} & 0 - \lambda C_{n2} \dots\dots 1 - \lambda C_{nn} \end{vmatrix}$$

Si en el determinante $D_n(\lambda)$ hacemos $\lambda = 0$ sale:

$$D_n(0) = \begin{vmatrix} 1 & 0 \dots\dots 0 \\ 0 & 1 \dots\dots 0 \\ \vdots & \\ 0 & 0 \dots\dots 1 \end{vmatrix} = (-1)^n$$

luego $D_n(\lambda)$ no es idénticamente nulo. Para los valores de λ tales que $D_n(\lambda) \neq 0$, el sistema (S) es compatible y la regla de Kramer nos permite determinar los valores de las constantes $\xi_i (i = 1, \dots n)$ valores que substituídos en [5] nos dan la solución de nuestro problema.

Si en la ecuación [1] suponemos $f(x) \equiv 0$ entonces nuestra ecuación se transforma en la ecuación homogénea.

$$\Phi(x) = \lambda . \int_a^b K(xt)\,\Phi(t)\,dt \qquad [1']$$

En este caso, por ser $f(x) \equiv 0$, la (β) nos da $f_i = 0$ $(i = 1 \ldots n)$ y el sistema $[S]$ se reduce al sistema lineal homogéneo

$$\xi_i - \lambda \sum_{\mu=1}^{n} C_{i\mu}\,\xi_\mu = 0 \qquad [S'] \;\; (i = 1 \ldots n)$$

Como es sabido, la condición de compatibildad del sistema $[S']$ es que $D_n(\lambda) = 0$. Si $\lambda = \lambda_\alpha$ es una raíz de la ecuación $D(\lambda) = 0$ e indicamos con $\Phi_\alpha(x)$ una solución de $[1']$ tal que

$$\Phi_\alpha(x) = \lambda_\alpha \int_a^b K(xt)\,.\,\Phi_\alpha(t)\,dt \qquad [1'']$$

se dice que λ_α es un *valor característico* del núcleo y $\Phi_\alpha(x)$ una *función fundamental*, relativa a dicho valor característico.

Apliquemos a un ejemplo concreto el método de resolución que acaba de exponerse.

Sea la ecuación:

$$\Phi(x) - \lambda \int_0^1 (x + t)\,.\,\Phi(t)\,dt = x$$

Se tiene:

$$f(x) = x \; ; \; K(xt) = x + t = \alpha_1(x)\,\beta_1(t) + \alpha_2(x)\,\beta_2(t)$$

siendo:

$$\alpha_1(x) = x \qquad \alpha_2(x) = 1$$
$$\beta_1(t) = 1 \qquad \beta_2(t) = t$$

Las ecuaciones $[\beta]$ dan:

$$f_1 = \int_0^1 t\,dt = \frac{1}{2} \quad ; \quad f_2 = \int_0^1 t^2\,dt = \frac{1}{3}$$

$$C_{11} = \int_0^1 t\,dt = \frac{1}{2} \qquad C_{12} = \int_0^1 dt = 1$$

$$C_{21} = \int_0^1 t^2\,dt = \frac{1}{3} \qquad C_{22} = \int_0^1 t\,dt = \frac{1}{2}$$

Estos valores substituídos en el sistema $[S]$ nos dan:

$$\left.\begin{aligned} \left(1-\frac{\lambda}{2}\right)\xi_1 - \lambda\xi_2 &= \frac{1}{2} \\ -\frac{\lambda}{3}\,\xi_1 + \left(1-\frac{\lambda}{2}\right)\xi_2 &= \frac{1}{3} \end{aligned}\right\}$$

o también:

$$\left.\begin{aligned} (2-\lambda)\,\xi_1 - 2\lambda\xi_2 &= 1 \\ -2\lambda\xi_1 + (6-3\lambda)\,\xi_2 &= 2 \end{aligned}\right\} \qquad [s]$$

El determinante del sistema (s) nos da:

$$D_2(\lambda) = \begin{vmatrix} 2-\lambda & -2\lambda \\ -2\lambda & 6-3\lambda \end{vmatrix} = -\lambda^2 - 12\lambda + 12.$$

Resolviendo la ecuación: $\lambda^2 + 12\lambda - 12 = 0$ resulta:

$$\left.\begin{aligned} \lambda_1 &= -6 + 4\sqrt{3} \\ \lambda_2 &= -6 - 4\sqrt{3} \end{aligned}\right\}$$

Resolviendo el sistema $[s]$ obtenemos:

$$\xi_1 = \frac{\lambda+6}{D(\lambda)} = -\frac{\lambda+6}{\lambda^2+12\lambda-12}$$

$$\xi_2 = \frac{4}{D(\lambda)} = -\frac{4}{\lambda^2+12\lambda-12}$$

luego, substituyendo en la $[5]$ estos valores, se tendrá:

$$\Phi(x) = x + \lambda\,.\left[\frac{\lambda+6}{D(\lambda)}\,x + \frac{4}{D(\lambda)}\right] = \frac{[D(\lambda)+\lambda^2+6\lambda]\,x + 4\lambda}{D(\lambda)} =$$

$$= \frac{(6\lambda-12)\,x-4}{\lambda^2+12\lambda-12} \qquad (\lambda \neq \lambda_1\,;\,\lambda_2)$$

como solución de nuestra ecuación integral. Para $\lambda = 1$ la ecuación es:

$$\Phi(x) - \int_0^1 (x+t)\,\Phi(t)\,dt = x$$

y su solución:

$$\Phi(x) = -\frac{12x+4}{1} = -12x-4$$

Si consideramos la ecuación homogenea:

$$\Phi(x) = \lambda . \int_0^1 (x+t)\,\Phi(t)\,dt$$

esta ecuación tendrá solución para los valores de λ tales que

$$\lambda_1 = -6 + 4\sqrt{3} \quad ; \quad \lambda_2 = -6 - 4\sqrt{3}$$

Habrá que resolver el sistema [s] supuesto homogéneo, es decir el sistema:

$$\left.\begin{aligned} (2-\lambda)\,\xi_1 - 2\lambda\,\xi_2 &= 0 \\ -2\lambda\,\xi_1 + (6-3\lambda)\,\xi_2 &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad [s_1]$$

Por ser $D(\lambda_\alpha) = 0 \quad \alpha = 1{,}2$ se tiene de (s_1)

$$\frac{\xi_1}{\xi_2} = \frac{2\lambda}{2-\lambda}.$$

Para $\lambda = \lambda_1 = -6 + 4\sqrt{3}$ sale:

$$\frac{\xi_1}{\xi_2} = \frac{2(-6+4\sqrt{3})}{1-(-6+4\sqrt{3})} = \frac{2\sqrt{3}-3}{2-\sqrt{3}} = \sqrt{3} \qquad \therefore$$

$$\xi_1 = \sqrt{3} \quad ; \quad \xi_2 = 1.$$

y la solución correspondiente a λ_1 es:

$$\Phi_1(x) = \lambda_1\,[\alpha_1(x)\,\xi_1 + \alpha_2(x)\,\xi_2] = \lambda_1\,(\sqrt{3}\,x + 1).$$

Para $\lambda = \lambda_2 = -6 - 4\sqrt{3}$ sale:

$$\frac{\xi_1}{\xi_2} = \frac{2(-6-4\sqrt{3})}{2(-6-4\sqrt{3})} = -\frac{3+2\sqrt{3}}{2+\sqrt{3}} = -\sqrt{3} \qquad \therefore$$

$$\xi_1 = \sqrt{3} \quad ; \quad \xi_2 = -1$$

y la solución correspondiente a λ_2 es:

$$\Phi_2(x) = \lambda_2\,(\sqrt{3}\,x - 1).$$

Los valores λ_1 ; λ_2 son los valores característicos del núcleo, las funciones $\Phi_1(x)$; $\Phi_2(x)$, son las funciones fundamentales.

§ **11.** — Pasemos ahora al método de resolución de Fredholm, desarrollando previamente algunas consideraciones de carácter intuitivo, con el objeto de hacer ver, cómo a partir de un sistema de ecuaciones lineales no homogéneo y mediante un pasaje al límite, se puede llegar a la concepción de las ecuaciones integrales.

Sea por ejemplo el sistema:

$$\begin{aligned} a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \ldots + a_{1n} x_n &= K_1 \\ a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \ldots + a_{2n} x_n &= K_2 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{n1} x_1 + a_{n2} x_2 + \ldots + a_{nn} x_n &= K_n \end{aligned} \qquad [S]$$

Podemos geométricamente representar dicho sistema, mediante el reticulado siguiente:

Fig. 2

donde al punto del reticulado intersección de la fila de orden i con la columna de orden j hacemos corresponder el término $a_{ij}\, x_j$.

Supongamos que en $(S) n \rightarrow \infty$, tendremos un sistema de infinitas ecuaciones con infinitas incógnitas. Si en lugar de un infinito

numerable, consideramos un infinito continuo, entonces al esquema (E) le corresponderá el cuadrado siguiente:

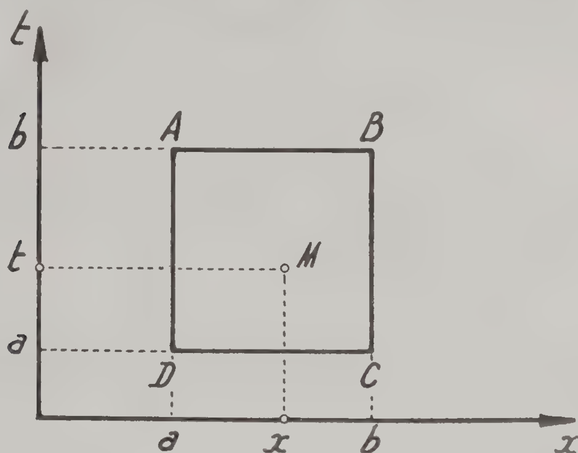


FIG. 3.

de modo que a cada coeficiente del sistema (S) le haremos corresponder en el cuadrado, un punto $M(x,t)$ de coordenadas (x,t) o sea podemos escribir:

$$a_{tx} = K(tx) \quad (a \leq x \leq b \quad ; \quad a \leq t \leq b)$$

a cada incógnita x_i del sistema (S) le haremos corresponder un valor incógnito y teniendo en cuenta que en el sistema (S) las x de una misma columna son iguales, en nuestro sistema continuo a cada x_i le corresponderá una función incógnita $\Phi(x)$ y en consecuencia, cada término de la forma $a_{ij}\, x_j$ quedará substituído por un término análogo de la forma.

$$K(t, x) \,.\, \Phi(x) \,.$$

Si por ejemplo, dejamos fijo el valor de t, la ecuación de la fila de orden i quedará substituída por la integral:

$$\int_a^b K(t, x)\, \Phi(x)\, dx \qquad . \quad [\alpha]$$

y como suponemos que también el segundo miembro conocido k_i del

sistema (S) varía en forma continua y su valor depende del orden de la fila ocupada en nuestro sistema continuo, los términos K_i quedarán substituídos por una función conocida de t, digamos por ejemplo: $f(t)$, luego la (α) se escribirá:

$$\int_a^b K(t, x)\, \Phi(x)\, dx = f(t)\,. \qquad [\beta]$$

que par un valor fijo de t representará una ecuación del sistema (S). Si finalmente suponemos que x varía en el intervalo (a, b) y análogamente t, se comprende cómo la ecuación (β) en el límite viene a substituir al sistema (S).

§ 12. — Pasemos ahora, siguiendo el anterior orden de ideas, al método de Fredholm, que expondremos en forma intuitiva, aunque los resultados obtenidos, pueden alcanzarse en forma completamente rigurosa.

Sea la ecuación de Fredholm, de 2ª especie:

$$\Phi(x) - \lambda \,. \int_a^b K(x, t)\, \Phi(t)\, dt = f(x) \qquad [1]$$

Recordemos que cuando se define el concepto de integral definida de la función $y = f(x)$ en el intervalo (a, b) se tiene por definición:

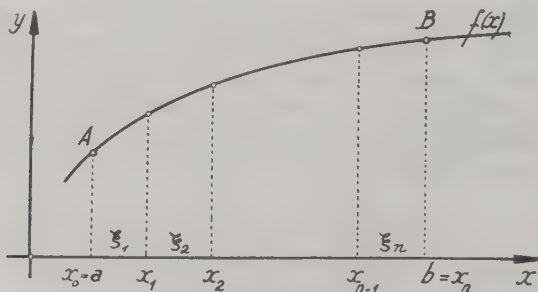


Fig. 4.

$$\lim_{\substack{n \to \infty \\ h_i \to 0}} \sum_{i=1}^{n} f(\xi_i)\, h_i = \int_a^b f(x)\, dx. \qquad (h_i = x_{i+1} - x_i)$$

$$(x_i < \xi_i < x_i)$$

Según la ecuación [1] suponiendo $h = \dfrac{b - a}{n}$

$$t_0 = a \ldots t_i = a + h_i \ldots t_n = a + nh = b$$

se puede escribir:

$$\Phi(x) - \lambda \, . \lim_{n \to \infty} \sum_{i=1}^{n} K(xt_i)\, \Phi(t_i)\, h_i = f(x) \qquad [2]$$

ecuación que a su vez podemos remeplazar por la igualdad aproximada:

$$\Phi(x) - \lambda \, . \sum_{i=1}^{n} K(xt_i)\, \Phi(t_i)\, h = f(x) \qquad [3]$$

o también:

$$\Phi(x) - \lambda \, . \, h \sum_{i=1}^{n} K(xt_i)\, \Phi(t_i) = f(x) \qquad [3']$$

Desde que esta última relación debe verificarse para todo valor de x tal que $a \leq x \leq b$, debe en consecuencia verificarse para $a \leqq x = t_\mu < b$. $(\mu = 1, 2 \ldots n)$, de manera que substituyendo en $(3')$ x por $t_1, t_2 . t_n$, sucesivamente, se tiene:

$$\begin{aligned} &\Phi(t_1) - \lambda \, . \, h \sum_{i=1}^{n} K(t_1 t_i)\, \Phi(t_i) = f(t_1) \\ &\Phi(t_2) - \lambda \, . \, h \sum_{i=1}^{n} K(t_2, t_i)\, \Phi(t_i) = f(t_2) \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ &\Phi(t_n) - \lambda h \sum_{i=1}^{n} K(t_n, t_i)\, \Phi(t_i) = f(l_n) \end{aligned} \qquad [S]$$

sistema que desarrollado puede escribirse:

$$\left.\begin{aligned} &[1 - \lambda h\, K(t_1 t_1)]\, \Phi(t_1) - \lambda h\, K(t_1 t_2)\, \Phi(t_2) - \ldots \\ &\qquad\qquad - \lambda h\, K(t_1 t_n)\, \Phi(t_n) = f(t_1) \\ &- \lambda h\, K(t_2 t_1)\, \Phi(l_1) + [1 - \lambda \, . \, h\, K(t_2 l_2)]\, \Phi(l_2) - \\ &\qquad\qquad - \lambda h\, K(t_2 l_n)\, \Phi(t_n) = f(t_2) \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ &- \lambda \, . \, h\, K(t_n l_1)\, \Phi(l_1) - \lambda \, . \, h\, K(t_n l_2)\, \Phi(t_2) - \ldots \\ &\qquad\qquad + [1 - \lambda h\, K(t_n t_n)]\, \Phi(t_n) = f(t_n) \end{aligned}\right\} \qquad [S_1]$$

La resolución del sistema (S_1) nos conduce al estudio del determinante

$$D_n(\lambda) = \begin{vmatrix} 1 - \lambda h K(t_1 t_1) & -\lambda h K(t_1 t_2) & \dots & -\lambda h K(t_1 t_n) \\ -\lambda h K(t_2 t_1) & [1 - \lambda h K(t_2 t_2)] & \dots & -\lambda h K(t_2 t_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -\lambda h K(t_n t_1) & -\lambda . h K(t_n t_2) & \dots & [1 - \lambda h K(t_n t_n)] \end{vmatrix}$$

Suponiendo $D_n(\lambda) \neq 0$ podemos resolver el sistema (S_1) por la regla de Kramer y obtenemos:

$$\Phi(t_s) = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_{is} f(t_i)}{D_n(\lambda)} \qquad [S_2]$$

siendo: $\sum_{i=1}^{n} D_{is} f(t_i)$ el determinante $D_n(\lambda)$ cuyos elementos de la columna de orden s han sido substituídos por los elementos $f(t_i)$ $(i = 1, 2 \dots n)$.

La expresión (S_2) nos conduce al estudio de los determinantes $D_n(\lambda)$ y D_{is}.

Observemos que por ser $D_n(\lambda)$ un determinante de orden n, desarrollado según las potencias de λ, nos darán un polinomio en λ de grado n. Desarrollando según las potencias de λ se tiene:

$$D_n(\lambda) = 1 - \lambda \sum_i K(t_i t_i) + \frac{\lambda^2}{2!} \sum_i \sum_j \begin{vmatrix} K(t_i t_i) & K(t_i t_j) \\ K(t_j t_i) & K(t_j t_j) \end{vmatrix} h^2 -$$

$$- \frac{\lambda^3}{3!} \sum_i \sum_j \sum_l \begin{vmatrix} K(t_i t_i) & K(t_i t_j) & K(t_i t_l) \\ K(t_j t_i) & K(t_j t_j) & K(t_j t_l) \\ K(t_l t_i) & K(t_l t_j) & K(t_l t_l) \end{vmatrix} h^3 + \dots$$

Si suponemos que $n \to \infty$ y admitiendo que $D_n(\lambda) \underset{n \to \infty}{\to} D(\lambda)$ cada suma se transformará en una integral de modo que formalmente, se puede escribir:

$$D(\lambda) = 1 - \frac{\lambda}{1} \int_a^b K(t_1 t_1)\, dt_1 + \frac{\lambda^2}{2!} \int_a^b \int_a^b \begin{vmatrix} K(t_1 t_1) & K(t_1 t_2) \\ K(t_2 t_1) & K(t_2 t_2) \end{vmatrix} dt_1\, dt_2 -$$

$$- \frac{\lambda^3}{3!} \int_a^b \int_a^b \int_a^b \begin{vmatrix} K(t_1 t_1) & K(t_1 t_2) & K(t_1 t_3) \\ K(t_2 t_1) & K(t_2 t_2) & K(t_2 t_3) \\ K(t_3 t_1) & K(t_3 t_2) & K(t_3 t_3) \end{vmatrix} dt_1\, dt_2\, dt_3 + \dots \qquad [\delta]$$

Si para simplificar la escritura ponemos:

$$K\begin{pmatrix} x_1 x_2 \ldots x_n \\ y_1 y_2 \ldots y_n \end{pmatrix} \equiv \begin{vmatrix} K(x_1 y_1) & K(x_1 y_2) & \ldots & K(x_1 y_n) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ K(x_n y_1) & K(x_n y_2) & \ldots & K(x_n y_n) \end{vmatrix}$$

y también:

$$A_n = \int_a^b \ldots \int_a^b K\begin{pmatrix} t_1 t_2 \ldots t_n \\ t_1 t_2 \ldots t_n \end{pmatrix} dt_1 \ldots dt_n \qquad [\Delta]$$

y estableciendo la convención: $A_0 \equiv 1$; la serie (δ) se puede escribir:

$$D(\lambda) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{\lambda^n}{n!} A_n \qquad [\delta_1]$$

Apoyándonos en el teorema de Hadamard, relativo al valor máximo de un determinante, se puede demostrar que la serie (δ), de potencias en λ, converge absolutamente y que admite un radio infinito de convergencia. El teorema de Hadmard se enuncia así:

« Si los elementos a_{ij} (reales o complejos) del determinante Δ de orden n satisfacen a la condición: $|a_{ij}| \leqq M$ siendo M un número fijo positivo entonces:

$$|\Delta| \leqq M^n \sqrt{n^n}.$$

Su demostración puede verse por ejemplo en M. Bôcher: An Introduction to the study of integral equations Cambridge, University Press. 1926 (Pág. 28).

§ 13. — Estudiemos ahora los determinantes D_{rs} que no son sino los menores complementarios de los elementos del determinants $D_n(\lambda)$. Para $r = s = \mu$ se tiene:

$$D_{\mu\mu} = 1 - \lambda \sum_i{}' K(t_i t_i)\, h + \frac{\lambda^2}{2!} \sum_i{}' \sum_j{}' \begin{vmatrix} K(t_i t_j) & K(t_i t_j) \\ K(t_j t_i) & K(t_j t_j) \end{vmatrix} - \ldots$$

donde los ápices colocados en los sómbolos de sumación significa que debe ser: $i \neq \mu$; $j \neq \mu$, etc.

El determinante $D_{\mu\mu}$ es de la misma forma que el determinante $D_n(\lambda)$ y en consecuencia, se puede escribir formalmente:

$$\lim_{n \to \infty} D_{\mu\mu} = \lim_{n \to \infty} D_n(\lambda) = D(\lambda).$$

Si suponemos $r \neq s$ se tiene:

$$D_{rs} = \lambda \,.\, h \,.\left\{ K(t_s t_r) - \lambda \sum_i \begin{vmatrix} K(t_s t_r) & K(t_s t_i) \\ K(t_i t_r) & K(t_i t_i) \end{vmatrix} h + \right.$$

$$\left. + \frac{\lambda^2}{2!} \sum_i \sum_j \begin{vmatrix} K(t_s t_r) & K(t_s t_i) & K(t_s t_j) \\ K(t_i t_r) & K(t_i t_i) & K(t_i t_j) \\ K(t_j t_r) & K(t_j t_i) & K(t_j t_j) \end{vmatrix} - \dots \right\}$$

Si ponemos:

$$h \Delta_{sr} = D_{rs}$$

la anterior igualdad puede escribirse:

$$\Delta_{sr} = \lambda\, K(t_s t_r) - \frac{\lambda^2}{1} \sum_i \begin{vmatrix} K(t_s t_r) & K(t_s t_i) \\ K(t_i t_r) & K(t_i t_i) \end{vmatrix} + \frac{\lambda^3}{2!} \left| \quad \right| h^3 - \dots$$

Si suponemos ahora que:

$$\lim_{n \to \infty} \Delta_{sr} = D \left(\begin{matrix} t_s \\ t_r \end{matrix} \middle| \lambda \right)$$

la relación anterior podrá escribirse formalmente cuando $n \to \infty$

$$D \left(\begin{matrix} t_s \\ t_r \end{matrix} \middle| \lambda \right) = \lambda K(t_s t_r) - \frac{\lambda^2}{1} \int_a^b \begin{vmatrix} K(t_s t_r) & K(t_s t) \\ K(t \;\; t) & K(t_r t) \end{vmatrix} dt +$$

$$+ \frac{\lambda^3}{2!} \int_a^b \int_a^b \begin{vmatrix} K(t_s t_r) & K(t_s t_1) & K(t_s t_2) \\ K(t_1 t_r) & K(t_1 t_1) & K(t_1 t_2) \\ K(t_2 t_r) & K(t_2 t_1) & K(t_2 t_2) \end{vmatrix} dt_1\, dt_2 - \dots \qquad [\Delta_1]$$

serie de potencia en λ que sirve como definición del símbolo

$$D \left(\begin{matrix} t_s \\ t_r \end{matrix} \middle| \lambda \right).$$

Si escribimos finalmente: $t_s = x \,;\, t_r = y$.

$$K \begin{pmatrix} x\, t_1\, t_2 \dots t_n \\ y\, t_1\, t_2 \dots t_n \end{pmatrix} \equiv \begin{vmatrix} K(x\, y) & K(x\, t_1) & \dots & K(x\, t_n) \\ K(t_1 y) & K(t_1 t_1) & \dots & K(t_1 t_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K(t_n y) & K(t_n t_1) & \dots & K(t_n t_n) \end{vmatrix}$$

$$A_n(xy) = \int_a^b \dots \int_a^b K \begin{pmatrix} x\, t_1\, t_2 \dots t_n \\ y\, t_1\, t_2 \dots t_n \end{pmatrix} dt_1 \dots dt_n$$

y hacemos la convención: $A_0(xy) \equiv K(xy)$, la expresión (Δ_1) toma la forma:

$$D\left(\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}\middle|\lambda\right) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{\lambda^{n+1}}{n!} A_n(xy)$$

$$= \lambda \,.\, K(xy) - \frac{\lambda^2}{1} A_1(xy) + \frac{\lambda^3}{2!} A_2(xy) - \ldots \qquad [\Delta_2]$$

El teorema de Hadamard, antes recordado, permite probar que la serie (Δ_2) converge absolutamente con respecto a λ siendo infinito su radio de convergencia y converge además uniformemente respecto de x e y en el cuadrado: $a \leq x \leq b$; $a \leq y \leq b$.

§ 14. — Volvamos a considerar la expresión (S_2) que en la hipótesis $D_n(\lambda) \neq 0$ nos daba la solución del sistema lineal (S_1) es decir se tenía:

$$\Phi(t) = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_{is} f(t_i)}{D_n(\lambda)} \qquad [S_2] \qquad (D_n(\lambda) \neq 0)$$

expresión que también puede escribirse:

$$\Phi(t_s) = \frac{D_{ss}}{D_n(\lambda)} f(t_s) + \frac{\sum_{i=1}^{n}{}' D_{is} f(t_i)}{D_n(\lambda)} \qquad [S_2'] \qquad (1 \neq s)$$

donde el ápice puesto a la sumatoria significa que debe ser $i \neq s$. Si recordamos que se tenía:

$$\Delta_{si} = \frac{D_{is}}{h} \quad \therefore \quad D_{is} = h \,.\, \Delta_{si}$$

la (S'_2) se escribirá:

$$\Phi(t_s) = \frac{D_{ss}}{D_n(\lambda)} f(t_s) + \frac{\sum_{i=1}^{n}{}' \Delta_{is} f(t_i)\, h}{D_n(\lambda)} \qquad [S_2''] \qquad (i \neq s)$$

Si en esta última expresión pasamos al límite para $n \to \infty$ y si recordamos que en estas condiciones se verifica:

$$\lim_{n \to \infty} D_{ss} = \lim_{n \to \infty} D_n(\lambda) = D(\lambda)$$

$$\lim_{n \to \infty} \Delta_{sr} = D\left(\begin{matrix} t_s \\ t_r \end{matrix}\middle|\lambda\right)$$

y que por lo tanto será:

$$\lim_{n \to \infty} \sum_{i=1}^{n} \Delta_{si} f(t_i)\, h = \int_a^b D\begin{pmatrix} t_s \\ t_r \end{vmatrix} \lambda \Big) f(t)\, dt$$

y además:

$$\lim_{n \to \infty} \frac{D_{ss}}{D_n(\lambda)} = \frac{D(\lambda)}{D(\lambda)} = 1$$

se tendrá como expresión límite de la $[3_2']$:

$$\Phi(t_s) = f(t_s) + \int_a^b \frac{D\left(\begin{matrix} t_s \\ t_r \end{matrix} \middle| \lambda\right)}{D(\lambda)} f(t)\, dt \qquad (D(\lambda) \neq 0)$$

Recordando que t_s es un punto cualquiera del intervalo: $a \leq t_s \leq b$ se puede escribir $t_s = x$ y entonces resulta la fórmula:

$$\Phi(x) = f(x) + \int_a^b \frac{D\left(\begin{matrix} x \\ t \end{matrix} \middle| \lambda\right)}{D(\lambda)} f(t)\, dt \ \ldots \ [\omega] \qquad (D(\lambda) \neq 0)$$

La expresión (ω) nos da en consecuencia la solución de nuestra ecuación integral [1] es decir la ecuación:

$$\Phi(x) - \lambda \,.\int_a^b K(xt)\,.\,\Phi(t)\, dt = f(x)\,. \qquad [1]$$

Resumiendo: dada la [1] para resolverla habrá que calcular las expresiones: $D(\lambda)$; $D\left(\begin{matrix} x \\ t \end{matrix} \middle| \lambda\right)$ y substituirlas en (ω) en este caso, todos los elementos del segundo miembro serán conocidos y nuestro problema queda resuelto.

Apliquemos a un ejemplo, el método indicado:

Sea la ecuación:

$$\Phi(x) - \lambda \,.\int_0^{10} xt\, \Phi(t)\, dt = e^x \qquad [\alpha]$$

se tiene:

$$f(x) = e^x \ ; \ K(xt) = xt \ ; \ a = 0 \ ; \ b = 10$$

Formemos $D(\lambda)$, donde:

$$D(\lambda) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{\lambda^n}{n!} A_n \quad [1] \qquad A_0 \equiv 1$$

siendo:

$$A_n = \int_a^b \dots \int_a^b K\begin{pmatrix} t_1 \dots t_n \\ t_1 \dots t_n \end{pmatrix} dt_1 \dots dt$$

luego será:

$$A_1 = \int_0^{10} K\begin{pmatrix} t_1 \\ t_1 \end{pmatrix} dt_1 = \int_0^{10} K(t_1 t_1)\, dt_1 = \int_0^{10} t_1^2\, dt_1 = \left[\frac{t_1^3}{3}\right]_0^{10} = \frac{1000}{3}$$

$$A_2 = \int_0^{10}\int_0^{10} K\begin{pmatrix} t_1\, t_1 \\ t_1\, t_2 \end{pmatrix} dt_1\, dt_2 = \int_0^{10}\int_0^{10} \begin{vmatrix} K(t_1 t_1) & K(t_1 t_2) \\ K(t_2 t_1) & K(t_2 t_2) \end{vmatrix} dt_1\, dt_2 =$$

$$= \int_0^{10}\int_0^{10} \begin{vmatrix} t_1^2 & t_1 t_2 \\ t_2 t_1 & t_2^2 \end{vmatrix} dt_1\, dt_2 = 0.$$

Del mismo modo resulta: $A_n = 0$ $(n \gtreqless 2\dots)$. Luego $D(\lambda)$ queda reducido a:

$$D(\lambda) = 1 - \lambda A_1 = 1 - \frac{1000}{3}\lambda.$$

Calculemos: $D\left(\begin{matrix} x \\ t \end{matrix} \middle| \lambda\right)$; se tenía:

$$D\left(\begin{matrix} x \\ t \end{matrix} \middle| \lambda\right) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{\lambda^{n+1}}{n!} A_n(\tilde{xy})$$

siendo:

$$A_n(xy) = \int_a^b \dots \int_a^b K\begin{pmatrix} x\, t_1 \dots t_n \\ y\, t_1 \dots t_n \end{pmatrix} dt_1 \dots dt_n$$

con la convención: $A_0(x,y) \equiv K(xy)$. En nuestro caso es: $A_0(xt) = xt$.

Resulta así:

$$A_1(xt) = \int_0^{10} K\begin{pmatrix} x\, t_1 \\ t\, t_1 \end{pmatrix} dt_1 = \int_0^{10} \begin{vmatrix} K(x t) & K(x t_1) \\ K(t\, t_1) & K(t_1 t_1) \end{vmatrix} dt_1 =$$

$$= \int_0^{10} \begin{vmatrix} xt & xt_1 \\ tt_1 & t_1^2 \end{vmatrix} dt_1 = 0$$

Sale análogamente:

$$A_n(xt) = 0 \qquad (n \gtreqless 1)$$

Luego la expresión $D\left(\begin{matrix} x \\ t \end{matrix} \middle| \lambda\right)$ queda reducida a su primer término, o sea:

$$D\left(\begin{matrix} x \\ t \end{matrix} \middle| \lambda\right) = \lambda A_0 = \lambda x t .$$

Por lo tanto es:

$$\frac{D\left(\begin{matrix} x \\ t \end{matrix} \middle| \lambda\right)}{D(\lambda)} = \frac{3 \lambda x t}{3 - 1000 \lambda}$$

que substituída en (ω) nos da:

$$\begin{aligned} \Phi(x) &= e^x + \frac{3 \lambda x}{3 - 1000 \lambda} \int_0^{10} t \, d \, e^t \\ &= e^x + \frac{3 \lambda x}{3 - 1000 \lambda} (9 \, e^{10} - 1) \\ &= e^x + \frac{3 \lambda (9 \, e^{10} - 1)}{3 - 1000 \lambda} . \, x \qquad (3 - 1000 \lambda \neq 0) \end{aligned}$$

como solución de nuestra ecuación integral.

Para $\lambda = 1$ es:

$$\Phi(x) - \int_0^{10} x t \, \Phi(t) \, . \, dt = e^x$$

$$\Phi(x) = e^x + \frac{3 (9 e^{10} - 1)}{997} x .$$

§ 15. — Si fuese: $D(\lambda) = 0$ podemos proceder en la forma siguiente: En el determinante $D_n(\lambda)$ multiplicando los elementos de la columna de orden j por los determinantes adjuntos de la columna de orden K resulta:

$$(1 - \lambda h \, K_{jj}) \, D_{jk} - \lambda \, . \, h \, K_{kj} \, D_{kk} - \sum_i \lambda h \, K_{ij} \, D_{ik} = 0$$

y teniendo en cuenta que $D_{jk} = h \Delta_{kj}$ sale:

$$(1 - \lambda h \, K_{jj}) \, h \, \Delta_{kj} - \lambda h \, K_{kj} \, D_{kk} - \sum_i \lambda h \, . \, K_{ij} \, h \, . \, \Delta_{ki} = 0 \qquad [1]$$

dividiendo esta última expresión por h y teniendo en cuenta que:

$$\lim_{n \to \infty} \Delta_{kj} = D\left(\begin{matrix} t_k \\ t_j \end{matrix} \middle| \lambda \right) \qquad \lambda h K_{jj} \to 0$$

$$\lim D_{kk} = D(\lambda) = 0 \qquad h \to 0$$

cuando $n \to \infty$ resulta en [1].

$$D\left(\begin{matrix} t_k \\ t_j \end{matrix} \middle| \lambda \right) - \lambda K(t_k t_j) D(\lambda) - \lambda . \int_a^b K(t, t_j) D\left(\begin{matrix} t_k \\ t_j \end{matrix} \middle| \lambda \right) dt = 0$$

o poniendo:

$$t_k = x \quad ; \quad t_j = y$$

sale también:

$$D\left(\begin{matrix} x \\ y \end{matrix} \middle| \lambda \right) - \lambda K(xy) D(\lambda) = \lambda . \int_a^b K(ty) . D\left(\begin{matrix} x \\ t \end{matrix} \middle| \lambda \right) dt \quad [R]$$

del mismo modo se encuentra:

$$D\left(\begin{matrix} x \\ y \end{matrix} \middle| \lambda \right) - \lambda K(xy) D(\lambda) = \lambda . \int_a^b K(xt) D\left(\begin{matrix} t \\ y \end{matrix} \middle| \lambda \right) dt \quad [R_1]$$

Sea ahora $\lambda = \lambda_\alpha$ una raíz de $D(\lambda) = 0$, es decir $D(\lambda_\alpha) = 0$ y sea además

$$D\left(\begin{matrix} t \\ y_0 \end{matrix} \middle| \lambda_\alpha \right) \neq 0,$$

la expresión (R_1) nos da:

$$D\left(\begin{matrix} x \\ y_0 \end{matrix} \middle| \lambda_\alpha \right) = \lambda_\alpha \int_a^b K(xt) . D\left(\begin{matrix} t \\ y_0 \end{matrix} \middle| \lambda_\alpha \right) dt \qquad [R_2]$$

de modo que si escribimos:

$$\Phi_\alpha(x) = D\left(\begin{matrix} x \\ y_0 \end{matrix} \middle| \lambda \right) \quad \therefore \quad \Phi_\alpha(t) = D\left(\begin{matrix} t \\ \lambda_0 \end{matrix} \middle| \lambda \right)$$

la (R_2) puede escribirse:

$$\Phi_\alpha(x) = \lambda_\alpha \int_a^b K(xt) . \Phi_\alpha(t)\, dt$$

resultando que nos dice que la función

$$\Phi_\alpha(x) = D\left(\begin{matrix} x \\ y_0 \end{matrix} \middle| \lambda_\alpha\right)$$

es una solución de la ecuación homogénea:

$$\Phi(x) = \lambda_\alpha \int_a^b K(xt)\,\Phi(t)\,dt\,.$$

correspondiente al valor característico $\lambda = \lambda_\alpha$ del núcleo tal que $D(\lambda_\alpha) = 0$.

Resolvamos un ejemplo. Sea la ecuación homogénea:

$$\Phi(x) = \lambda \,.\int_0^{10} xt\,\Phi(t)\,dt \qquad [e]$$

que no es sino la ecuación que habíamos resuelto anteriormente, pero suponiendo ahora que $f(x) \equiv 0$. Habíamos encontrado:

$$D(\lambda) = 1 - \frac{1000}{3}\lambda = 0 \quad \therefore \quad \lambda_\alpha = \frac{3}{1000}\,.$$

entonces se tiene en (e)

$$\Phi(x) = \frac{3}{1000}\int_0^{10} xt\,\Phi(t)\,dt\,. \qquad [e_1]$$

Para $D\left(\begin{matrix} x \\ y \end{matrix} \middle| \lambda\right)$ habíamos encontrado:

$$D\left(\begin{matrix} x \\ y \end{matrix} \middle| \lambda\right) = \lambda x y$$

luego la solución de la (e_1) será:

$$\Phi_\alpha(x) = D\left(\begin{matrix} x \\ y_0 \end{matrix} \middle| \frac{3}{1000}\right) = \frac{3\,y_0}{1000}\,x\,.$$

Para $y_0 = 1$ es

$$\Phi_\alpha(x) = D\left(\begin{matrix} x \\ 1 \end{matrix} \middle| \frac{3}{1000}\right) = \frac{3}{1000}\,.\,x\,.$$

Al aplicar el método de resolución a la ecuación homogénea, habíamos supuesto que

$$D(\lambda) = 0 \quad D\left(\begin{matrix} x \\ y \end{matrix} \middle| \lambda\right) \neq 0\,.$$

Se puede ver que si λ_α es una raíz simple de $D(\lambda)$, lo que equivale a decir que es $D'(\lambda) \neq 0$, entonces seguramente $D\left(\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}\middle| \lambda_0\right)$ no es idénticamente nulo y se podría elegir un valor $y = y_0$ tal que $D\left(\begin{matrix} x \\ y_0 \end{matrix}\middle| \lambda_\alpha\right) \neq 0$.

Para verlo, calculemos la derivada de $D(\lambda)$. Se tiene:

$$D(\lambda) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{\lambda^n}{n!} A_n = 1 - \frac{\lambda}{1} A_1 + \frac{\lambda^2}{2!} A_2 - \frac{\lambda^3}{3!} A_3 + \dots$$

$$D'(\lambda) = -A_1 + \frac{\lambda}{1} A_2 - \frac{\lambda^2}{2!} A_3 + \frac{\lambda^3}{3!} A_4 - \dots$$

$$= -\left(A_1 - \frac{\lambda}{1} A_2 + \frac{\lambda^2}{2!} A_3 - \frac{\lambda^3}{3!} A_4 + \dots\right)$$

$$D'(\lambda) = -\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{\lambda^n}{n!} A_{n+1} \qquad [\alpha_1]$$

Calculemos A_{n+1} es:

$$A_{n+1} = \int_a^b \dots \int_a^b K\begin{pmatrix} t_1\, t_2 \dots t_{n+1} \\ t_1\, t_2 \dots t_{n+1} \end{pmatrix} dt_1\, dt_2 \dots dt_{n+1}$$

Si en esta expresión hacemos el cambio de variable

$$\begin{aligned} t_1 &= x \\ t_2 &= t_1 \\ t_{n+1} &= t_n \end{aligned}$$

se tendrá:

$$A_{n+1} = \int_a^b \dots \int_a^b K\begin{pmatrix} x\, t_1 \dots t_n \\ x\, t_1 \dots t_n \end{pmatrix} dt_1 \dots dt_n\, dx =$$

$$= \int_a^b \left\{ \int_a^b \dots \int_a^b K\begin{pmatrix} x\, t_1 \dots t_n \\ x\, t_1 \dots t_n \end{pmatrix} dt_1 \dots dt_n \right\} dx \qquad [\alpha_2]$$

Pero la expresión encerrada en las llaves, no es sino la que antes habíamos definido por $A_n(xx)$ o sea:

$$A_n(xx) = \int_a^b \dots \int_a^b K\begin{pmatrix} x\, t_1 \dots t_n \\ x\, t_1 \dots t_n \end{pmatrix} dt_1 \dots dt_n$$

luego substituyendo en (α_2) será:

$$A_{n+1} = \int_a^b A_n(xx) \,.\, dx$$

Esta expresión substituída en (α_1) nos da:

$$D'(\lambda) = -\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{\lambda^n}{n!} \int_a^b A_n(xx)\, dx$$

$$= -\int_a^b \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{\lambda^n}{n!} A_n(xx) \right\} dx$$

$$\therefore \qquad \lambda \,.\, D'(\lambda) = -\int_a^b \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{\lambda^{n+1}}{n!} A_n(xx) \right\} dx \qquad [\alpha_3]$$

Pero la expresión encerrada en las llaves, es la que antes habíamos definido como $D\begin{pmatrix} x \\ x \end{pmatrix}\lambda\Big)$, luego en ($\alpha_2$) se tiene:

$$\lambda \,.\, D'(\lambda) = -\int_a^b D\left(\begin{matrix} x \\ x \end{matrix}\middle| \lambda\right) dx$$

De aquí resulta que no puede ser $D\left(\begin{matrix} x \\ x \end{matrix}\middle| \lambda_\alpha\right) \equiv 0$, porque si no sería $D'(\lambda_\alpha) = 0$, pero entonces λ_α no sería una raíz simple de $D(\lambda)$ como se había supuesto.

II

Algunas aplicaciones de las ecuaciones integrales a problemas de matemática acturial, estadística y dinámica económica

§ 1. — *El régimen más general de capitalización continua* (1). — Como es sabido en la teoría del interés compuesto, el monto producido por el capital C a la tasa anual unitaria i durante n períodos de capitalización está dado por la fórmula

$$M = C\,(1 + i)^n \qquad [1]$$

(1) Véase: Sibiriani, F., *Lezioni di Matematica Generale e Finanziaria*. Vol. 2º. Editorial « Cedam ». Padava. 1938. (Pág. 356).

Cundo el período de capitalización es una parte $\frac{1}{m}$ del año, se introduce el concepto de *tasa nominal* convertible m veces por año. Representando por j dicha tasa nominal, se la define por la igualdad:

$$\left(1 + \frac{j}{m}\right)^m = 1 + i \qquad [2]$$

y en estas condiciones, la fórmula [1] se transforma en la siguiente

$$M = C\left(1 + \frac{j}{m}\right)^{m.n} \qquad [3]$$

De la relación [2] se deduce:

$$j = j(m) = m\left\{(1 + i)^{\frac{1}{m}} - 1\right\} \qquad [4]$$

Se tiene pues que j es una función de m que goza de algunas propiedades que pasamos a estudiar.

Se puede ver en seguida, que la función $j(m)$ es una función que decrece con el aumento de m. En efecto, derivando la [4] dos veces con respecto a m, resulta:

$$\frac{dj}{dm} = \left[\left\{1 - \frac{l_n(1 + i)}{m}\right\}(1 + i)^{\frac{1}{m}} - 1\right] \qquad [5]$$

$$\frac{d^2 j}{dm^2} = \frac{\{l_n(1 + i)\}^2 (1 + i)^{\frac{1}{m}}}{m^3} \qquad [6]$$

De la relación [6] sale que si $m > 0$, es también: $\frac{d^2 j}{dm^2} > 0$, por lo tanto $\frac{dj}{dm}$ será una función creciente de m, cuando m varíe desde 0 hasta $+\infty$.

Por otra parte de la [5] resulta:

$$\lim_{m \to +\infty} \frac{dj}{dm} = \lim_{m \to +\infty} \left[\left\{1 - \frac{l_n(1 + i)}{m}\right\}(1 + i)^{\frac{1}{m}} - 1\right] = 0 \qquad [7]$$

Se deduce en consecuencia que siendo $\frac{dj}{dm}$ creciente, en virtud de la [7] será negativa para todo valor de $m > 0$. Luego la fun-

ción j será decreciente con el aumento de m y entonces se puede afirmar que tenderá a un límite cuando $m \to +\infty$. Dicho límite no es sino el límite de la derivada de la función: $y = (1+i)^x$ cuando $x \to 0$.

Se tiene en efecto:

$$y' = (1+i)^x \ln(1+i)$$

$$y'(0) = \ln(1+i) = \lim_{h \to 0} \frac{(1+i)^h - 1}{h} = \lim_{m \to \infty} j = \delta \qquad [8]$$

Este límite se indica con δ y recibe el nombre de *tasa instantánea de capitaliazción* y por la [8] resulta ser:

$$\delta = \ln(1+i) = C\,te \qquad [9]$$

En estas condiciones, se dice que el régimen de capitalización es continuo y el monto se expresa por la relación:

$$M = C \cdot e^{\delta \cdot n} \qquad [10]$$

§ 2. — En lo que antecede se ha supuesto que la tasa se mantiene constante mientras dura la capitalización. Pero cabe observar que en aplicaciones muy importantes de la matemática actuarial, se hace necesario suponer que la tasa del interés sea variable con el tiempo. Supongamos pues que la tasa instantánea sea una función continua del tiempo, es decir supongamos: $\delta = \delta(t)$, donde el tiempo t, se supone medido a partir de un instante prefijado $\tau < t$.

Veamos cómo en esta hipótesis, puede calcularse el monto en el instante t, relativo a una unidad de capital. Representemos con $M(\tau,t)$ el monto de una unidad de capital empleado en un tiempo anterior $\tau < t$.

El monto en el instante $t = t_1$ será igual al capital utilizado, mas los intereses producidos en el intervalo de tiempo (τ, t_1) y podremos escribir la relación:

$$M(\tau, t_1) = 1 + \int_{\tau}^{t_1} M(\tau, t)\, \delta(t) \,.\, dt \qquad [1]$$

donde $M(\tau,t) \,.\, \delta(t) \,.\, dt$, es el incremento experimentado por $M(\tau,t)$ en el intervalo dt.

De la relación [1] puede deducirse fácilmente la expresión de $M(\tau,t)$ si se supone conocida la función $\delta(t)$. de capitalización continua.

En efecto, derivando la [1] con respecto a t_1 sale:

$$\frac{\partial M(\tau, t_1)}{\partial t_1} = M(\tau, t_1)\, \delta(t_1)$$

o también:

$$\frac{\partial}{\partial t_1} . \ln M(\tau, t_1) = \delta(t_1)$$

Integrando estao última relación con respecto a t en el intervalo (τ, t_1) sale.

$$\ln M(\tau, t_1) = \int_\tau^{t_1} \delta(t)\, dt$$

o finalmente:

$$M(\tau, t_1) = e^{\int_\tau^{t_1} \delta(t)\, dt} \qquad [2]$$

Obsérvese que pudiendo escribirse:

$$\int_\tau^{t_1} \delta(t)\, dt = \int_\tau^{\xi} \delta(t)\, dt + \int_\xi^{t_1} \delta(t)\, dt \qquad (\tau < \xi < t_1)$$

la [2] puede tomar la forma:

$$M(\tau, t_1) = e^{\int_\tau^{\xi} \delta(t)\, dt} . e^{\int_\xi^{t_1} \delta(t)\, dt} = M(\tau, \xi)\, M(\xi\, t_1) \qquad [3]$$

Una ley de capitalización que satisface a la relación [3] es lo que Cantelli, F. P., ha llamado: *ley de capitalización separable*; en caso contrario, se dice *no separable*.

Una relación más general todavía puede obtenerse si se supone: $\delta = \delta(\tau, t)$. En efecto, procediendo lo mismo que antes, se encuentra:

$$M(\tau, t_1) = e^{\int_\tau^{t_1} \delta(\tau_1 t)\, dt}$$

§ 3. Fenómenos hereditarios. — La mecánica y la física clásica partían de la hipótesis de que toda acción sólo se manifiesta en el momento en que dicha acción actúa. Para estudiar los fenómenos naturales así concebidos, el análisis matemático suministra un instrumento particularmente útil a saber: la teoría de las ecua-

ciones diferenciales. Su aplicabilidad al estudio de los fenómenos naturales era una consecuencia de que se admitía la hipótesis de que cada acción sólo se manifestaba en el instante de actuar. En esta hipótesis, puesto que las ecuaciones diferenciales, vinculan el instante actual del sistema, con los instantes infinitamente próximos, se comprende como las ecuaciones diferenciales se adaptaban al tratamiento matemático de tales problemas.

Como veremos, esta manera de encarar los problemas no constituyen sino una primera aproximación, como lo ha hecho ver Vito Volterra.

Consideremos por ejemplo, una varilla metálica que mantenemos sujeta por uno de sus extremos y coloquemos distintos pesos en el extremo libre. Anotemos la desviación que experimenta la varilla a medida que se aumenta el peso. Si enseguida se quitan los pesos antes colocados, recorriendo inversamente las escalas antes medidas, la experiencia muestra que para los mismos pesos, las desviaciones son ahora distintas.

Se interpreta este fenómeno, diciendo que la deformación de una varilla, no depende sólo del peso que actúa sobre ella en un determinado instante, pero también de los pesos que habían actuado anteriormente. En otros términos, cabe interpretar dicho fenómeno, diciendo que *conserva memoria del pasado.* Se trata en suma de uno de los fenómenlos naturales, llamado *fenómeno hereditario.*

A propósito de esta clase de fenómenos dice V. Volterra (1): « Desde el punto de vista newtoniano, es la evolución de las cosas que es necesario seguir y prever. La fluxión individualiza la evolución instantánea o elemental. Ella es conocida en cada instante, es decir, depende de circunstancias exteriores conocidas, la evolución podrá llamarse *evolución forzada* y todos los estados estarán determinados a partir de un estado conocido por la suma o la integral de las evoluciones elementales en número infinito ».

« En la evolución de los seres orgánicos, las teorías de Lamarck y de Darwin, serían del tipo de evolución forzada. Pero la evolución puede depender de causas internas y en ese caso ser considerada de dos maneras distintas ».

(1) Véase: VOLTERRA, V., *Leçons sur les Fonctions de Lignes.* Gauthier-Vallars. Paris. 1913. (Pág. 19, § 10).

Si en cada instante, la evolución depende de las condiciones actuales, será una evolución no hereditaria y todos los estados podrán ser determinados a partir de un estado dado mediante la integración de ecuaciones diferenciales».

« Si al contrario, la evolución depende de toda la historia de los estados atravesados, será una evolución hereditaria. Las ecuaciones diferenciales no serán suficientes y las ecuaciones integrodiferenciales serán el instrumento analítico que será necesario emplear».

Si en una ecuación, por ejemplo del siguiente tipo:

$$\int_0^x K(x,t)\,\Phi(t)\,dt = f(x)$$

donde las funciones $f(x)$; $K(x,t)$ son conocidas, siendo $\Phi(x)$ la función incógnita, faltase el factor $K(x,t)$, evidentemente, la función $\Phi(x)$, no sería sino la derivada de la función $f(x)$, pero la presencia del factor $K(x,t)$ obedece a la necesidad de hacer depender la integral, no sólo del valor final x, sino también de sus precedentes valores, o sea de los valores que toma x, cuando ésta varía entre 0 y x.

La conveniencia de introducir el factor $K(x,t)$ se manifiesta particularmente, cuando la variable x, representa el tiempo, pues entonces, se consigue introducir en la ecuación un elemento que depende, no sólo del instante final, pero también de los anteriores y capaces de influir sobre los valores de la función desconocida $\Phi(x)$. En consecuencia, se presenta la posibilidad de someter al análisis matemático, aquellos fenómenos, llamados hereditarios, en los cuales según antes se dijo, el valor de ciertas magnitudes en cada instante depende, no sólo del valor adquirido contemporánamente por otra magnitud, sino también de todos aquellos por los cuales ésta ha pasado.

En estos últimos tiempos ha tratado de llevarse esta concepción de los fenómenos hereditarios, al estudio de los fenómenos conómicos. Así por jemplo, C. F. Roos en 1925 ha establecido que entre la demanda representada por la función $y(t)$ y el precio representado por $p(t)$, existe la siguiente relación integral:

$$ap(t) + b + \int_{-\infty}^{t} \Phi(t-s)\,p(s)\,ds = y(t)\,.$$

donde la función $\Phi(z)$ es tal que $\Phi(z) \underset{z \to -\infty}{\longrightarrow} 0$

Se trata de un ejemplo de integral singular, puesto que el límite inferior es infinito.

Las actuales investigaciones acerca de los fenómenos hereditarios en fenómenos de series económicas, dependientes del tiempo han sido realizadas por H. E. Jones (1).

Admitidas pues, las acciones hereditarias, las ecuaciones integrales, e integrodiferenciales, constituyen el instrumento analítico indispensable para abordar el estudio de los fenómenos naturales, según esta nueva concepción, pues como se ha dicho, las ecuaciones integrales vinculan todos los estados de un sistema en el intervalo que se considera.

§ 4. — Después de esta disgresión, pasaremos a estudiar algunos ejemplos de problemas actuariales y de dinámica económica cuya solución depende de una ecuación integral.

Como se sabe, la *tasa instantánea de mortalidad*, definida para una colectividad *cerrada*, esto es, una colectividad sometida únicamente a las variaciones producidas por los fallecimientos, se expresa por la relación:

$$\mu(x) = -\frac{l'(x)}{l(x)} \qquad [1]$$

donde $l(x)$ expresa el número de individuos de una edad determinada x. De la relación [1] es fácil deducir la expresión de la función $l(x)$, de supervivencia, cuando se conoce $\mu(x)$.

En efecto, la [1] puede escribirse:

$$\frac{d}{dx} ln\, l(x) = -\mu(x) \qquad (l = \text{logaritmo natural})$$

que integrada en el intervalo $(x_0 x)$ da:

$$l(x) = l(x_0)\, e^{-\int_{x_0}^{x} \mu(z)\, dz} \qquad [2]$$

Asignando a x valores enteros sale:

$$l(x+1) = l(x_0)\, e^{-\int_{x_0}^{x+1} \mu(z)\, dz}$$

(1) Véase: DAVIS, H. T., *The Theory of Econometrics. The Principia Press.* Bloomington, Indiana. 1941. (Pág. 363).

y en consecuencia las tasas no instantáneas de supervivencia y de mortalidad serán:

$$p_x = \frac{l_{(x+1)}}{l(x)} = e^{-\int_x^{x+1} \mu(z)\, dz} \qquad [3]$$

$$q_x = 1 - p_x = 1 - e^{-\int_x^{x+1} \mu(z)\, dz} \qquad [4]$$

Puede suceder el caso más general en el que sea necesario el cálculo de la supervivencia de una determinada colectividad de individuos cuya variación depende no sólo de los fallecimientos, sino de causas diversas y variables según el grupo considerado.

Una colectividad tal que en un intervalo dado, sea variable ya sea por fallecimientos producidos o porque algunos individuos salen o entran del grupo por razones distintas de los fallecimientos, se dice que es una colectividad *abierta*.

En una colectividad abierta, existan $l(x)$ individuos de una edad determinada x y sea r_x el incremento residual entre individuos que entran y salen de edad comprendida entre x y $x+1$. En la hipótesis más general que tanto r_x como d_x varíen con el tiempo, será necesario tener en cuenta que los $r(t)$ individuos adquiridos por el grupo abierto están expuestos a morir, de modo que si t significa un instante del año comprendido entre las edads x, y $x+1$, para determinar cuántos de los $r(t)dt$ individuos pueden fallecer desde dicho instante hasta el fin del año, deberá multiplicarse dicho número de individuos por la probabilidad de morir en el intervalo $(t, x+1)$, es decir, teniendo en cuenta la [4] se tendrá:

$$\left(1 - e^{-\int_t^{x+1} \mu(z)\, dz}\right) r(t)\, dt$$

Si integramos esta expresión entre x y $x+1$ y le sumamos el número: $l(x)q_x$ de los fallecidos en el mismo año entre los $l(x)$ supervivientes en el principio considerado, se tendrá la totalidad de los fallecidos entre las edades x y $x+1$. Luego se tendrá: para dicha suma:

$$l(x) \cdot q_x + \int_x^{x+1} \left[1 - e^{-\int_t^{x+1} \mu(z)\, dz}\right] r(t)\, dt \qquad [\alpha]$$

Si finalmente indicamos con $d(t)dt$ el número de fallecidos en el intervalo dt, el número de fallecidos entre x y $x+1$ podrá expresarse por la relación:

$$\int_x^{x+1} d(t)\, dt \qquad [\alpha_1]$$

y debiendo (α) y (α_1) ser iguales se tendrá:

$$\int_x^{x+1} d(t)\, dt = l(x)\,.\,q_x + \int_x^{x+1} \left[1 - e^{-\int_t^{x+1} \mu(z)\, dz}\right] r(t)\, dt \qquad [\beta]$$

La relación [β] ofrece un ejemplo de ecuación integral de 1ª especie con ambos límite variables, cuando se quiere calcular la función $r(t)$ que expresa el aumento efectivo de los individuos presentes en el grupo inicial $l(x)$ en el instante t y cuando claro está, se suponen conocidas las otras funciones contenidas en [β].

Si ponemos:

$$K(x,t) = 1 - e^{-\int_t^{x+1} \mu(z)\, dz} \quad ; \quad F(x) = \int_x^{x+1} d(t)\,.\,dt - l(x)\,.\,q_x$$

la relación [β] podrá escribirse:

$$\int_x^{x+1} K(x,t)\,.\,r(t)\, dt = F(x) \qquad [\beta_1]$$

que es una ecuación integral de 1ª especie, siendo conocidas las funciones $F(x)$, el núcleo $K(x,t)$ y donde la función incógnita es $r(t)$.

§ 5. — Si en un grupo abierto, expresamos el número de los individuos vivientes $h(x)$ en el instante x y consideramos por separado el coeficiente de crecimiento y el coeficiente de eliminación para cada individuo presente se tiene: el coeficiente de crecimiento será una función $f(x)$ del tiempo, mientras que el de eliminación podrá considerarse como una función $K(x,t)$ del instante actual x y de los anteriores t hasta el instante inicial $t=0$. En el instante inicial el grupo contendrá: $h(0)\,K(x,0)$ individuos. Por otra parte teniendo en cuenta que en el intervalo infinitésimo dt, el grupo se

(1) Véase: V. INSOLERA, *Matematica Finanziaria.* Torino. 1923 (Pág. 32).

incrementa en la cantidad: $h(t) . f(t) K(x, t) dt$, el incremento correspondiente al intervalo $(0, x)$ será:

$$\int_0^x K(xt) . f(t) . h(t)\, dt$$

y entonces el número $h(x)$ de individuos vivientes será en el instante (¹) x:

$$h(x) = h(0) . K(x,0) + \int_0^x K(x,t)\, h(t) f(t)\, dt \qquad [\gamma]$$

Si en la $[\gamma]$ se considera como función incógnita a $f(x)$ se tiene poniendo:

$$K_1(x,t) = K(xt)\, h(t) \quad ; \quad F(x) = h(x) - h(0) . K(x,0)$$

$$\int_0^x K_1(x,t) f(t)\, dt = F(x) \qquad [\gamma_1]$$

que es una ecuación integral de 1ª especie de Volterra. Si en $[\gamma]$ suponemos incógnita la función $h(x)$ y ponemos:

$$K_1(x,t) = K(x,t) f(t) \quad ; \quad F(x) = h(0) K(x,0)$$

se tiene:

$$h(x) - \int_0^x K_1(xt) . h(t) . dt = F(x) \qquad (\gamma_2)$$

que es una ecuación integral de 2ª especie del tipo de Volterra.

§ 6. — La determinación del monto $h(x)$ en el instante x de un capital inicial $h(0)$ sometido a una tasa instantánea $K(x, t)$, cuando mediante esta función, se hace depender del instante final y de los instantes anteriores el interés de cada unidad de capital, puede expresarse por la siguiente ecuación, llamada ecuación de I. Fisher (¹):

$$h(x) - \int_0^x K(xt)\, h(t)\, dt = h(0)$$

(¹) Véase: KOSTITZIN, M. V. A., *Applications des equations integrales. Memorial des Sciences Mathematiques.* Gauthier-Villars. Paris. 1935. (Pág. 4).

(¹) Véase: MARTINOTTI, P., *Análisi Matematica di Problemi Sociali.* Vol. 2º A. Giuffré. Milano. 1938. (Pág. 365).

§ 7. — Las rentas continuas con términos variables que varían con continuidad, dan también para la expresión del monto, una ecuación integral.

En efecto indicando con $f(t)$ el término variable, siendo $\delta(t)$ la tasa instantánea, el monto en el intervalo (t, x) será: (recuérdese la [2] pág. 253).

$$f(t) \, . \, e^{\int_t^x \delta(z)\, dz}$$

La variación de dicho monto en el intervalo dt es:

$$f(t) \, . \, e^{\int_t^x \delta(z)\, dz} \, . \, dt$$

y el monto total en de intervalo $(0, x)$ será:

$$h(x) = \int_0^x e^{\int_t^x \delta(z)\, dz} \, . \, f(t) \, . \, dt \qquad [\alpha]$$

de modo que si se escribe:

$$K(x \, . \, t) = e^{\int_t^x \delta(z)\, dz}$$

la $[\alpha]$ nos da:

$$\int_0^x K(x,t) \, . \, f(t)\, dt = h(x) \qquad [\alpha_1]$$

que es una ecuación integral de 1ª especie.

La ecuación $[\alpha]$ puede resolverse fácilmente respecto de la función incógnita $f(x)$.

En efecto, supuesta conocida $\delta = \delta(t)$, tasa instantánea de capitalización, si $\varphi(t)$ es una función primitiva de $\delta(t)$ se tiene:

$$\int_t^x \delta(z)\, dz = \varphi(x) - \varphi(t) \qquad [\alpha_2]$$

luego substituyendo en $[\alpha]$ se tiene:

$$\int_0^x e^{\varphi(x) - \varphi(t)} f(t)\, dt = h(x)$$

o también:

$$\int_0^x f(t) \, . \, e^{-\varphi(t)}\, dt = h(x)\, e^{-\varphi(x)} \qquad [\alpha_3]$$

puesto que siendo t la variable de integración, el factor $e^{-\varphi(x)}$ puede salir fuera del integral.

Derivando ahora $[\alpha_3]$ con respecto a x sale, después de suprimir el factor común $e^{-\varphi(x)}$

$$f(x) = h'(x) - h(x) \, . \, \varphi'(x) \qquad [\alpha_4]$$

Pero si derivamos la $[\alpha_2]$ con respecto a x sale:

$$\delta(x) = \varphi'(x)$$

luego en $[\alpha_4]$ se tiene:

$$f(x) = h'(x) - h(x) \, . \, \delta(x) \, .$$

§ 8. — *Algunos problemas de dinámica económica.* — Modernas concepciones en la teoría dinámica de los hechos económicos, conciben las causas que determinan las variaciones temporáneas de una cantidad económica cualquiera, con carácter hereditario; las causas así concebidas reciben el nombre de: *originadores.* El originador, es considerado como una función $K(x, t)$ del instante actual x y de los instantes anteriores t. Para simplificar más el problema, se supone que K depende de la diferencia $x - t$, es decir se pone: $K(x, t) = K(x - t)$.

Esta función puede influir en distintos grados respecto del movimiento económico de la cantidad económica considerada, produciendo un cierto efecto, efecto que recibe el nombre de *resultante.* Esta resultante será una cierta función $h(x)$. La intensidad de la acción está determinada por una función $f(t)$ llamada *distribuidor* de tal modo que en el intervalo infinitésimo dt, el incremento de la resultante puede expresarse por la relación:

$$dh(x) = K(x - t) \, . \, f(t) \, dt$$

y por lo tanto, se tendrá como expresión de la resultante en el instante (¹) x

$$h(x) = \int_0^x K(x - t) \, . \, f(t) \, dt \qquad [\alpha]$$

La (α) es evidentemente una ecuación integral de primera especie, respecto de la función *distribuidor* $f(t)$.

(¹) Véase: Roos, C. F., *Dynamic Economics.* Bloogminton. Indiana. 1934.

En el caso de la ley de la demanda, se admite también que *la resultante* $h(x)$, no sólo depende del precio, considerado como *distribuidor,* y de las causas llamadas *originadores* que influyen sobre la resultante desde la época más lejana, es decir deste $t = -\infty$, sino también linealmente del precio, en cuya hipótesis la (α) viene substituída por la ecuación integral:

$$h(x) = a f(x) + b + c \int_{-\infty}^{x} K(x-t) \, . \, f(t) \, dt$$

donde a, b, c son constantes, ecuación que también puede escribirse:

$$f(x) + \frac{c}{a} \int_{-\infty}^{x} K(x-t) \, . \, f(t) \, dt = \frac{h(x) - b}{a}$$

es decir que se trata de una ecuación integral de 2ª especie y que además el límite infrior es $-\infty$, siendo por lo tanto una ecuación integral singular.

§ 9. — Habíamos dicho que una ecuación integral del tipo:

$$\Phi(x) - \lambda \, . \int_{0}^{+\infty} K(xt) \, . \, \Phi(t) \, . \, dt = f(x) \qquad [1]$$

cuando uno de sus límites es infinito, recibe el nombre de ecuación integral singular. Pero es fácil mediante un oportuno cambio de variable, transformarla en otra que tenga un límite superior prefijado, por ejemplo 1.

En efecto, hagamos el cambio de variable:

$$y = \frac{ax + b}{cx + d} \qquad [2]$$

y determinemos las constantes de modo que se cumplan las condiciones siguientes:

Para $x = 0$ sea $y = 0$ y cuando $x \to +\infty$ sea $y \to +1$. Si en [2] hacemos $x = 0$ debe ser $y = 0$ luego resulta:

$$O = \frac{b}{d} \quad \therefore \quad b = 0$$

y [2] toma la forma:

$$y = \frac{ax}{cx + d} = \frac{a}{c + \frac{d}{x}} \qquad [2']$$

como cuando $x \to +\infty$ debe ser $y \to +1$, si en [2'] hacemos $x = \infty$ sale:

$$1 = \frac{a}{c}$$

y entonces en [2'] se tiene:

$$y = \frac{ax}{ax+d} = \frac{x}{x+\frac{d}{a}} = \frac{x}{x+1} \qquad [2'']$$

si para simplificar ponemos $\frac{d}{a} = 1$. De la [2''] sale:

$$x = \frac{y}{1-y} \qquad [3]$$

la substitución [3] resuelve el problema, puesto que: si $x = 0$ es $y = 0$; si $y = 1$ es $x = +\infty$.

Por lo tanto si en la [1] efectuamos el cambio de variable [3] se tiene:

$$\Phi\left(\frac{y}{1-y}\right) - \lambda \, . \int_0^1 \frac{K\left[\frac{y}{1-y}, \frac{t'}{1-t'}\right]}{(1-t')^2} \, . \, \Phi\left(\frac{t'}{1-t'}\right) dt' = f\left(\frac{y}{1-y}\right)$$

donde claro está es:

$$t = \frac{t'}{1-t'} \, .$$

La anterior ecuación puede escribirse:

$$\varphi(y) - \lambda \, . \int_0^1 \frac{K_1(yt')}{(1-t')^2} \, \varphi(t') \, dt' = f(y) \qquad [4]$$

que sigue sin embargo siendo una ecuación singular puesto que la expresión $\frac{1}{(1-t')^2}$ se vuelve infinita para $t' = 1$.

Si la ecuación integral fuera de la forma:

$$\Phi(x) - \lambda \, . \int_{-\infty}^{+\infty} K(xt) \, . \, \Phi(t) \, . \, dt = f(x) \qquad [5]$$

es suficiente efectuar la substitución: $x = \ln y$; $t = \ln t'$ que conduce a una ecuación del tipo [1]. En efecto para $y = 0$ es $x = -\infty$, para $y = +\infty$ es $x = +\infty$.

Efectuando enseguida la substitución [3] recaemos en el caso [4].

§ 10. — El proceso de formación del costo, es un proceso de carácter hereditario, análogo al proceso de formación del equilibrio económico. Si se representa con $C(x)$ el costo unitario relativo al instante x de la elaboración de una mercancía se puede escribir:

$$\Phi(x) + \int_0^x K(xt) \, . \, \Phi(t) \, . \, dt = C(x) \qquad [1]$$

donde la función $C(x)$, se supone continua en el intervalo ($0 \leq x \leq 1$) mientras que la función $\Phi(x)$, es un dato del problema, también continua en el mismo intervalo. El núcleo $K(x, t)$, se supone continuo en el cuadrado $0 \leq x \leq 1$; $0 \leq t \leq 1$.

La ecuación [1] es una ecuación integral de Volterra de 2ª especie, y como luego veremos, se puede invertir y escribirla en la forma:

$$C(x) + \int_0^x S(xt) \, . \, C(t) \quad dt = \Phi(x) \qquad [2]$$

donde $S(x\,t)$ es una función que hay que determinar a partir de la función $K(x\,t)$.

Escrita en la forma [2] resulta ser una ecuación integral respecto de la función incógnita $C(x)$.

Para los precios vale una relación análoga. Si se indica con $P(x)$, el precio de una mercancía en el instante x se puede escribir:

$$\Phi(x) + \int_x^1 K(xt) \, \Phi(t) \, dt = P(x) \qquad [3]$$

donde la función $\Phi(x)$, es un dato del problema. Si lo mismo que antes se invierte la [3] se tiene:

$$P(x) + \int_x^1 S(xt) \, . \, P(t) \, dt = \Phi(x) \qquad [4]$$

que es una ecuación integral de 2ª especie, respecto de la función $P(x)$ (1).

(1) Véase: PALOMBA G., *Introduzione allo studio della Dinamica Economica*. Editrice E. Jovene. Napoli. 1939. (Pág. 113).

Si e n la [1] ponemos $x = 0$ sale: $C(0) = \Phi(0)$, es decir, en el instante inicial $C(x)$ coincide con $\Phi(x)$. En cuanto al término complementario $\int_0^x K(x\,t)\,\Phi(x)\,dt$, nos dice que el costo en el instante x, depende de la historia pasada, más el hecho nuevo $\Phi(x)$ característico del instante x.

En la expresión [3] siendo $x < 1$, el término complementario, $\int_x^1 K(x\,t)\,\Phi(t)\,dt$, nos dice que el precio en el instante x, depende de este hecho aparentemente paradojal a saber: $P(x)$, depende no sólo del término $\Phi(x)$, característico del instante x, sino de las circunstancias futuras, relativas al intervalo $(x, 1)$. Si en la [1] ponemos y en lugar de x, resulta:

$$C(y) = \Phi(y) + \int_0^y K(y\,t)\,\Phi(t)\,dt$$

Si integramos esta expresión con respecto a y en el intervalo $(0, x)$ tendremos el precio total de una unidad de un determinado producto. Será así:

$$\int_0^x C(y)\,dy = \int_0^x \left\{ \Phi(y) + \int_0^y K(y\,t)\,\Phi(t)\,dt \right\} dy =$$

$$= \int_0^x \Phi(y)\,dy + \int_0^x dy \left\{ \int_0^y K(y\,t)\,.\,\Phi(t)\,dt \right\} \qquad [5]$$

Finalmente si ponemos:

$$\theta(x) = \int_0^x C(y)\,dy \quad ; \quad F(y) = \int_0^y K(y\,t)\,.\,\Phi(t)\,dt$$

la [5] toma la forma:

$$\theta(x) = \int_0^x [\Phi(y) + F(y)]\,dy$$

§ 11. LOS NÚCLEOS ITERADOS. — Habíamos dicho que de la expresión [1] podía pasarse a la [2] y del mismo modo de la [3] a la [4]. Para terminar, expliquemos como ello sea posible.

Pongamos:

$$K_1(xt) \equiv K(xt)$$

$$K_i(xt) = \int_a^b K(xt_1)\, K_{i-1}(t_1 t)\, dt_1 \qquad (i = 1, 2, 3 \ldots) \qquad [1]$$

los núcleos $K_i(x\,t)$, así formados, reciben el nombre de *núcleos iterados.*

De la [1] sale.

$$\left.\begin{array}{l} K_2(xt) = \int_a^b K(xt_1)\, K(t_1 t)\, dt_1 \\ K_3(xt) = \int_a^b \int_a^b K(xt_1)\, K(t_1 t_2) \,.\, K(t_2 t)\, dt_1\, dt_2 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ K_i.(xt) = \int_a^b \ldots \int_a^b K(xt_1) \,.\, K(t_1 t_2) \ldots K(t_{i-1} t)\, dt_1 \ldots dt_{i-1} \end{array}\right\} \qquad [2]$$

Observemos que $K_i(x\,t)$, es una integral múltiple de orden $i-1$, luego, si formamos la expresión:

$$\int_a^b K_n(xt_1)\, K_p(t_1 t) \,.\, dt_1$$

substituyendo $K_n(x\,t_1)$; $K_p(t_1\,t)$ por sus expresiones deducidas de [2] resultará después de un oportuno cambio de variables, una integral del orden: $n-1+p-1+1 = n+p-1$, integral que no es sino K_{n+p}; se tiene así:

$$K_{n+p}(xt) = \int_a^b K_n(xt_1) \,.\, K_p(t_1 t)\, dt_1 = \int_a^b K_p(xt_1) \,.\, K_n(t_1 t)\, dt_1 \qquad [3]$$

§ 12. — Dado el núcleo $K(x\,t)$ y formando los núcleos iterados de acuerdo con la ley:

$$K_n(xt) = \int_a^b K(xt_1)\, K_{n-1}(t_1 t)\, dt_1 \qquad (n = 2, 3 \ldots) \qquad [1]$$

formemos la función $S(xt)$, definida por la serie

$$-S(xt) = \sum_{n=1}^{\infty} K_n(xt) = K_1(xt) + K_2(xt) + \ldots + K_n(xt) + \ldots \qquad [2]$$

Si la función $K(xt)$ real, es continua en el cuadrado $a \leqq x \leqq b$ $a \leqq t \leqq b$ y es además: $|K(xt)| \leqq M$, siendo M un número fijo positivo, se tiene:

$$K_n(xt) = \int_a^b \int_a^b K(xt_1) \,.\, K(t_1 t_2) \ldots K(t_{n-1} t)\, dt_1 \ldots dt_{n-1}$$

Si tomamos valores absolutos sale:

$$|K_n(xt)| = \left| \int_a^b \ldots \int_a^b K(xt_1) \ldots K(t_{n-1}t)\, dt_1 \ldots dt_{n-1} \right|$$

$$\leqq \int_a^b \ldots \int_a^b |K(xt_1) \,.\, K(t_1 t_2) \ldots K(t_{n-1} t)|\, dt_1 \ldots dt_{n-1}$$

$$= M^{n-1} (b-a)^{n-1} = \{M(b-a)\}^{n-1}$$

y por lo tanto en [2] se tendrá:

$$|S(xt)| = \left| \sum_{n=1}^{\infty} K_n(xt) \right| \leqq \sum_{n=1}^{\infty} |K_n(xt)| \leqq \sum_{n=1}^{\infty} \{M(b-a)\}^{n-1}$$

y teniendo en cuenta que la serie geométrica:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \{M(b-a)\}^{n-1}$$

es convergente para $M(b-a) < 1$, si se cumple esta condición, la serie [2] convergerá absoluta y uniformemente y la función $S(xt)$ quedará unívocamente definida y resultará ser una función continua para $a \leqq x \leqq b$; $a \leqq t \leqq b$.

De la [2] sale, teniendo en cuenta la [1] y la [3] del parágrafo anterior:

$$-[S(xt) + K_1(xt)] = K_2(xt) + K_3(xt) + \ldots K_n(xt) + \ldots$$

$$= \int_a^b K_1(xt_1)\, K_1(t_1 t)\, dt_1 + \ldots + \int_a^b K_1(xt_1)\, K_{n-1}(t_1 t)\, dt_1 + \ldots$$

$$= \int_a^b K_1(xt_1)\, K_1(t_1 t)\, dt_1 + \ldots + \int_a^b K_{n-1}(xt_1)\, K_1(t_1 t)\, dt_1 + \ldots$$

$$= \int_a^b K_1(xt_1) \{K_1(t_1 t) + K_2(t_1 t) + \ldots K_{n-1}(t_1 t) + \ldots\}\, dt_1 =$$

$$= \int_a^b \{K_1(xt_1) + K_2(xt_1) + \ldots + K_{n-1}(xt_1) + \ldots\}\, K(t_1 t)\, dt_1.$$

Pero la expresión encerrada en el corchete de la última integral, no es sino: $-S(xt)$, luego substituyendo se tendrá:

$$-[S(xt)+K(xt)] = \int_a^b \{-S(xt_1)\} K(t_1 t)\, dt_1$$

o sea:

$$\begin{aligned} K(xt)+S(xt) &= \int_a^b S(xt_1)\, K(t_1 t)\, dt_1 \\ &= \int_a^b K(xt_1)\,.\, S(t_1 t)\, dt_1 \end{aligned} \qquad [4]$$

Dos funciones $K(xt)$, $S(xt)$ que satisfacen a la relación [4], se dice que son *recíprocas*.

§ 13. — Veamos como utilizando la [4], cuando la función $S(x,t)$ existe, se puede encontrar una solución para la ecuación:

$$\Phi(x) - \int_a^b K(xt)\,.\,\Phi(x)\, dt = f(x) \qquad [1]$$

que por comodidad para lo que sigue escribiremos:

$$\Phi(x) = f(x) + \int_a^b K(xt)\,.\,\Phi(t)\, dt$$

Si en esta expresión en lugar de t, ponemos t_1 y enseguida en lugar de x ponemos t se tendrá:

$$\Phi(t) = f(t) + \int_a^b K(tt_1)\, \Phi(t_1)\, dt_1 \qquad [2]$$

Multiplicando esta última por $S(xt)$ e integrando entre a y b sale:

$$\begin{aligned} \int_a^b S(xt)\,.\,\Phi(t)\, dt &= \int_a^b S(xt)\,.\,f(t)\, dt + \\ &\quad + \int_a^b \left[\int_a^b K(tt_1)\, \Phi(t_1)\, dt_1\right] S(xt)\, dt = \\ &= \int_a^b S(xt)\,.\,f(t)\, dt + \int_a^b \int_a^b S(xt)\,.\,K(tt_1)\, \Phi(t_1)\, dt_1\, dt = \\ &= \int_a^b S(xt)\, f(t)\, dt + \int_a^b \left\{\int_a^b S(xt)\,.\,K(tt_1)\, dt\right\} \Phi(t_1)\, dt_1 \end{aligned} \qquad [3]$$

Pero la expresión encerrada en las llaves, en vista de la [4] del parágrafo anterior es: $K(xt_1) + S(xt_1)$, luego, substituyendo en [3] puede escribirse:

$$\int_a^b S(xt) \cdot \Phi(t)\, dt = \int_a^b S(xt) \cdot f(t)\, dt + $$
$$+ \int_a^b \{K(xt_1) + S(xt_1)\}\, \Phi(t_1)\, dt_1$$

y simplificando desde que:

$$\int_a^b S(xt)\, \Phi(t)\, dt = \int_a^b S(xt_1)\, \Phi(t_1)\, dt_1$$

sale:

$$\int_a^b S(xt) \cdot f(t)\, dt + \int_a^b K(xt_1)\, \Phi(t_1)\, dt_1 = 0 \qquad [4]$$

Pero en virtud de [2] es:

$$\int_a^b K(xt_1)\, \Phi(t_1)\, dt_1 = \Phi(x) - f(x)$$

luego se tendrá en [4]

$$\Phi(x) = f(x) - \int_a^b S(xt) \cdot f(t)\, dt . \qquad [5]$$

Resumiendo podemos decir: Dada la ecuación:

$$\Phi(x) = f(x) + \int_a^b K(xt) \cdot \Phi(t)\, dt . \qquad [\alpha]$$

Si $S(xt)$, es la función recíproca de la $K(xt)$, entonces como solución para $\Phi(x)$ se tiene:

$$\Phi(x) = f(x) - \int_a^b S(xt) \cdot f(t)\, dt . \qquad [\beta]$$

Recíprocamente, si en [β] se considera a $f(x)$ como incógnita, su solución estará dada por [α].

Para ilustrar lo anterior, resolvamos un ejercicio.

Sea la ecuación:

$$\varphi(x) = x + \int_0^{\frac{1}{2}} x\, t\, \varphi(t)\, dt$$

Se tiene:

$$0 \leq x \leq \frac{1}{2} \quad ; \quad 0 \leq t \leq \frac{1}{2} \quad \therefore \quad 0 \leq xt \leq \frac{1}{4} \, ;$$

luego:

$$| K(xt) | = | xt | \leqq M = \frac{1}{4} \; ; \; b - a = \frac{1}{2} \quad \therefore \quad M(b-a) = \frac{1}{8} < 1.$$

Es:

$$K(xt) \equiv K_1(xt) = xt \, .$$

Formemos la función:

$$-S(xt) = \sum_{n=1}^{\infty} K_n(xt) = K_1(xt) + K_2(xt) + \ldots$$

Es:

$$K_n(xt) = \int_0^{\frac{1}{2}} K(xt_1) \, . \, K_{n-1}(t_1 t) \, dt_1$$

$$K_2(xt) = \int_0^{\frac{1}{2}} xt_1 \, . \, t_1 t \, dt_1 = xt \, . \int_0^{\frac{1}{2}} t_1^2 \, dt_1 = \frac{xt}{3 \, . \, 2^3}$$

$$K_3(xt) = \int_0^{\frac{1}{2}} xt_1 \, . \, \frac{t_1 t}{3 \, . \, 2^3} \, dt_1 = \frac{xt}{3 \, . \, 2^3} \int_0^{\frac{1}{2}} t_1^2 \, dt_1 = \frac{xt}{(3 \, . \, 2^3)^2}$$

y en general:

. . . .

$$K_n(xt) = \frac{xt}{(3 \, . \, 2^3)^{n-1}} \, .$$

Por lo tanto, resulta:

$$-S(xt) = \sum_{n=1}^{\infty} K_n(xt_1) = xt + \frac{xt}{3 \, . \, 2^3} + \frac{xt}{(3 \, . \, 2^3)^2} + \frac{xt}{(3 \, . \, 2^3)^3} + \ldots .$$

$$= xt \left[1 + \frac{1}{3 \, . \, 2^3} + \frac{1}{(3 \, . \, 2^3)^2} + \ldots \right] =$$

$$= xt \, . \, \frac{1}{1 - \frac{1}{24}} = \frac{24}{23} \, . \, xt \, .$$

$$\therefore \qquad S(xt) = -\frac{24}{23} \, . \, xt \, .$$

La solución de nuestra ecuación será entonces:

$$\varphi(x) = f(x) - \int_0^{\frac{1}{2}} S(xt) \cdot f(t)\, dt = x + \int_0^{\frac{1}{2}} \frac{24}{23} xt \cdot t\, dt =$$

$$= x + \frac{24}{23} x \int_0^{\frac{1}{2}} t^2\, dt = x + \frac{24}{23} x \cdot \frac{1}{24} = x + \frac{1}{23} x$$

$$= \frac{24}{23} x. \qquad \therefore \quad \varphi(x) = \frac{24}{23} x .$$

Ejemplo 2º: Sea una ecuación de Volterra de 2ª especie.

$$\Phi(x) = x + \int_0^x (x - t) \cdot \Phi(t)\, dt$$

Se tiene:

$$f(x) = x \quad ; \quad K(xt) = x - t .$$

En este caso los núcleos iterados se forman según la ley:

$$K_n(xt) = \int_t^x K(xt_1)\, K_{n-1}(t_1 t)\, dt_1$$

Será así.

$$K_2(xt) = \int_t^x K(xt_1)\, K(t_1 t)\, dt_1 = \int_t^x (x - t_1)(t_1 - t)\, dt_1 =$$

$$= \int_t^x (x - t_1)\, [(x - t) - (x - t_1)]\, dt_1 =$$

$$= \left[-(x - t) \frac{2}{(x - t_1)^2} + \frac{(x - t_1)^3}{3} \right]_t^x =$$

$$= \frac{(x - t)^3}{2} - \frac{(x - t)^3}{3} = \frac{(x - t)^3}{3!} \qquad \therefore \quad K_2(xt) = \frac{(x - t)^3}{3!}$$

$$K_3(xt) = \int_t^x K_2(xt_1) \cdot K(t_1 t)\, dt_1 = \int_t^x \frac{(x - t_1)^3}{3!} (t_1 - t)\, dt_1 =$$

$$= \frac{1}{3!} \int_t^x (x - t_1)^3\, [(x - t) - (x - t_1)]\, dt_1$$

$$= \frac{1}{3!} \left[(x - t) \cdot \frac{(x - t_1)^4}{4} + \frac{(x - t_1)^5}{5} \right]_t^x =$$

$$= \frac{1}{3!} \left[\frac{(x - t)^5}{4} - \frac{(x - t)^5}{5} \right] = \frac{(x - t)^5}{5!} .$$

Procediendo en la misma forma se encuentra:

$$K_n(xt) = \frac{(x - t)^{2n-1}}{(2n - 1)!}$$

Se tendrá entonces:

$$- S(xt) = \sum_{n=1}^{\infty} K_n(xt) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x - t)^{2n-1}}{(2n - 1)!} \qquad [\gamma]$$

Recordando que el seno hiperbólico se define por la serie:

$$Sh\, x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^{2n+1}}{(2n + 1)!} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^{2n-1}}{(2n - 1)!}$$

la [γ] se puede escribir:

$$S(xt) = - Sh\,(x - t)$$

Se tiene así como solución de nuestra ecuación:

$$\Phi(x) = x - \int_0^x S(xt) \,.\, f(t)\, dt = x + \int_0^x Sh\,(x - t)\, dt \qquad [1]$$

Si se tiene en cuenta que de las relaciones:

$$Sh\, x = \frac{e^x - e^{-x}}{2} \quad ; \quad Ch\, x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$

sale:

$$D\, Sh\, x = Ch\, x \quad ; \quad D\, Ch\, x = Sh\, x$$

la [1] se integra fácilmente por partes, resultando finalmente:

$$\Phi(x) = Sh\, x$$

como solución de nuestra ecuación integral.

Bibliografía

(1) Bocher, Maxime. — « An Introduction to the Study of Integral Equations ». University Press. Cambdrige, 1926. (*Cambridge Tracts in Mathematics and Mathematical Physics*, N° 10).

(2) Broggi, Hugo. — « Ecuaciones Integrales Lineales ». Facultad de Ciencias Físicomatámeticas y Astronómicas. La Plata, 1914. (Contribución al Estudio de las Ciencias Físicas y Matemáticas).

(3) Courant, R., und Hilbert, D. — « Methoden der Mathematischen Physik ». 2 Vol. (Tom. I. Cap. IV. Pág. 96-138). Editor: Julius Springer. Berlín, 1931. (Photo-litho print Reproduction made in U. S. A. 1943).

(4) D'Arcais, Francesco. — « Analisi Infinitesimale ». 2 Vol. (Tom. II. Págs. 827-861). Tercera edición. Editor: Angelo Draghi. Padova: 1913.

(5) D'Adhémar, R. — « Exercises et Lecons D'Analyse. (Cap. IV. Págs. 121-136). Editor: Gauthier-Villars. París, 1908.

(6) D'Adhémar, R. — « Lecons sur Les Principes de L'Analyse. 2 Vols. (Tom. I. Cap. IX. Pág. 227-254). Editor: Gauthier-Villars. París, 1912.

(7) Dini, Ulisse. — « Lezioni di Analisis Infinitesimale ». (Vol. II, Fasc. 2°. Pág. 917-976). Editor: Stab. Tipográfico Succ. F. F. Nistri. Pisa, 1915.

(8) Frank, Dr. Philipp, und Mises, Dr. Richard. — « Die Differential und Integralgleichungen der Mechanik und Physik. 2 vermehrte Auflage. (III parte. Tom. I. Págs. 471-589). Publisher: Mary S. Rosemberg. New York, 1943.

(9) Goursat, Edouard. — « Cours D'Analyse Mathématique ». 3 Vol. (Tom. III. Cap. XXX, XXXI, XXXII, XXXIII). Tercera edición. Editor: Gauthier-Villar) et Cie. París, 1923.

(10) Heywood, Bryon. — « Sur l'équations fontionelle de Fredholm ». (Pág. 283-230)*W Journ. de Math.* (6ª serie). Tom. IV. Fasc. III. París, 1908.

(11) Heywood, H. B., and Fréchet, M. — « L'Equation de Fredholm et ses applications a la Physique Mathématique ». Avec un preface et un note de M. J. Hadamard. Editor: A. Hermann et Fils. París, 1912.

(12) Hoheisel, Dr. Guido. — « Integralgleichungen ». Editor: Walter de Gruyter und Co. Berlín-Leipzig, 1936. (Sommlug Goschen).

(13) Horn, Dr. S. — « Partielle Differentialgleichungen. Zweite ungearbeitete Auflage ». (Cap. 3°. Págs. 37-80). Editor: Walter de Gruyter und Co. Berlín und Leipzig, 1929.

(14) Hort, Dr. Wilhelm. — « Die Differentialgleichungen der Technik und Physik Bearbeitet von Dr. Alfred Thoma ». (Aehter Teil. Pág. 619-645). 1 Vol. Tercera edición. Editor: Johann Ambrosius Barth. Leipzig, 1939. (Lithoprinted by Edwards Brothers, Inc. Am. Arbor. Michigan, U. S. A., 1945).

(15) Janet, Maurice. — « Equations intégrales et applications a certains) problemes de la physique mathématique ». Gauthier-Villars. París, 1941. (*Mémor. Sci. Math.* N° 101 et 102).

(16) Juvet, Gustave. — « Lecons D'Analyse Vectorielle ». 2 Vol. (Deuxieme Partie. Cap. IV. Pág. 110-148). Editor: Gauthier-Villars et Cie. París, 1945.

(17) Kneser, Adolf. — « Die Integralgleichungen und ihre anwendungen in der Mathematischen Physik ». Editor: F. Viewegund Sohn. Braunschweig, 1922.

(18) Kostitzin, M. V. A. — « Applications des équations intégrales (applications statistiques ». Editor: Gauthier-Villars. París, 1935. (*Memorial des Sciences Mathématiques*. Fasc. LXIX).

(19) Kowalenski, Dr. Gerhard. — « Einführung in die Determinantentheorie ». (Cap. 18 y 19. Pág. 455-540). Editor: Veit und Comp. Leipzig, 1909.

(20) Kowalenski, Dr. Gerhard. — « Integralgleichungen ». 1 Vol. Editor: Walter der Gruyter und Co. Berlín, 1930.

(21) KRALL, Prof. Ing. GIULIO. — « Mecanica Tecnica delle Vibrazioni ». Redatto con la collaborazione del Prof. Renato Einaudi. (Parte prima: Cap. VII. Pág. 357-395). Editor: Nicola Zanichelli. Bologna, 1940.

(22) LALESCO, TROJAN. — « Introduction a la Théorie des Equations Intégrales ». Editor: A. Hermann et Fils. París, 1912.

(23) LERAY, JEAN. — « Etude de divers équations intégrales non linnéaires et de quelques problemes que pose l'Hydrodynamique ». *Journ. de Math.* Tom. XII. Fasc. I. París, 1933.

(24) LOVITT, WILLIAM VERMON. — « Linear Integral Equations ». First Edition. Editor: McGraw-Hill Book Co. New York and London, 1924.

(25) MARIN TOYOS, DANIEL. — « Tratado de Ecuaciones Diferenciales ». (Cap. V. Pág. 516-584). Editor: Librería General de Victoriano Suárez. Madrid, 1942.

(26) MARGENAU, H., and MOSELEY MURPHY, G. — « The Mathematics of Physics and Chemistry ». (Cap. 14. Pág. 503-525). Editor: D. Van Nostrand Co. New York, 1943.

(27) NAVARRO BORRÁS, F. — « Conferencias sobre la teoría de las Ecuaciones Integrales ». Editor: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, 1942.

(28) NAVARRO BORRÁS, F. — « Curso Superior de Análisis Matemático ». (Cap. XVII. Pág. 495-527). Editor: C. Bermejo. Impresor. Madrid, 1942.

(29) SOULA, M. J. — « L'équation intégrale de premiere espece á limites fixes et les fonctions permutables a limites fixes ». Editor: Gauthier-Villars. París, 1936. (Fasc. LXXX del *Memorial des Sci. Math.*).

(30) STERNBERG, WOLFGANG, and SMITH, TURNER L. — « The Theory of Potencial and Spherical Harmonics ». (Cap. X. Pág. 259-286). Editor: The University of Toronto Press. Toronto, Canadá, 1944.

(31) TITCHMARSH, E. C. — « Introduction to the Theory of Fourier Integrals ». (Cap. XI. Pág. 303-369). Editor: Clarendon Press. Oxford, 1937.

(32) VIVANTI, GIULIO. — « Elementi della Teoria delle Equazioni Integrali Lineari ». Editor: U. Hoepli. Milano, 1926. (Manuali Hopeli).

(33) VOLTERRA, VITO. — « Lecons sur les Equations Intégrales et les équations Integro-differentielles ». Editor: Gauthier-Villars. París, 1913.

(34) VOLTERRA, Vito. — « Lecons sur les Fonctions de Lignes ». Editor: Gauthier-Villars. París, 1913.

(35) VOLTERRA, VITO. — « Lecons sur la Composition et les Fonctions Permutables ». Editor: Gauthier-Villars et Cie. París, 1924.

(36) VOLTERRA, VITO. — « Theory of Functionals and of Integral and Integro-Differential Equations ». Autorized Translation by Miss M. Long. Blackie and Son Ltd. London and Glasgow, 1931.

(37) WEBSTER, ARTHUR GORDON. — « Partial Differential Equations of Mathematical Physics ». (Cap. IX. Pág. 278-394). Edited by Samuel J. Plimpton. Editor: G. E. Stecher and Co. New York. B. G. Teubener. Leipzig, 1927.

(38) WHITHAKER, E. T., and ROBINSON, G. — « The Calculus of Observations ». Tercera edición. (Cap. XV. Pág. 376-381). Editor: Blackie and Son. Ltd. London and Glasgow, 1942.

(39) WHITHAKER, E. T., and WATSON, G. N. — « A course of Modern Analysis ». American Edition. (Cap. XI. Pág. 211-231). Editor- Cambridge: at The University Press. New York: The Mac Millan Co., 1945.

LA IMPORTANCIA PRACTICA DE LA ASTRONOMIA

POR EL

DR. ENRIQUE GAVIOLA
Director del Observatorio de Córdoba

Los orígenes de la Astronomía se confunden con los de la religión y los de la cultura humana. El sol y la luna figuran como deidades dominantes en todas las religiones primitivas. Júpiter, Marte, Venus, Saturno y Mercurio desempeñan, también, papeles en ellas. El estudio de los movimientos de los astros más brillantes sobre la bóveda de las estrellas fijas —actividad científica— era parte del culto y del ritual religioso.

El calendario. — Ya en esa época la astronomía tenía, también, importancia práctica. Los comienzos de la cultura humana estuvieron ligados a la adopción, por una parte de las primitivas tribus nómades, de las tareas sedentarias de la agricultura. Uno de los problemas básicos de la labor agrícola era determinar correctamente el momento de la siembra. Hoy en día resulta difícil concebir que tal problema haya existido, debido a que el calendario nos parece tan natural como las hojas de los árboles: crece en las casas de comercio hacia fines de año y se obtiene gratis con sólo pedirlo. La confección de un calendario que no atrase ni adelante ha requerido, sin embargo, muchos siglos de observaciones astronómicas delicadas.

Sin un calendario, era fácil confundir unos calores prematuros con la primavera o unos fríos tardíos con el invierno. Con ello se jugaba la suerte de las cosechas y la vida de las colonias agrícolas densamente pobladas. Con un calendario que atribuyera al año una duración errónea en no más de ¼ de día (error inferior al uno por mil) bastarían dos siglos para que el comienzo oficial de la primavera cayera en medio del invierno. Julio César tuvo que intercalar dos meses en el calendario de su época. Por eso los me-

ses llamados séptimo (septiembre), octabo (octubre), etc. ocupan el noveno y el décimo lugar en el año.

La navegación. — El conocimiento de los astros y de sus movimientos sirvió, también desde tiempos remotos, para la orientación y para la determinación de la latitud. Ya hacen más de dos mil años (200 a J. C.) Eratosthenes, Bibliotecario de Alejandría, midió el largo de un arco de meridiano terrestre en Egipto y obtuvo, así, un valor bastante aproximado del diámetro de la tierra. El olvido de ese valor produjo sorpresas a los navegantes 17 siglos después.

La trigonometría esférica. — El estudio del cielo condujo al desarrollo de la trigonometría esférica, así como la compra-venta de tierras estimuló la trigonometría plana.

La hora, los relojes y la geodesia. — La determinación de la hora fué desde la prehistoria función de los sacerdotes-astrónomos. El paso de los astros por el meridiano indicaba la hora a quienes sabían leerla. Los cirios normales y las lámparas a aceite que ardían en los templos eran relojes primitivos. Después vinieron las clepsidras y los péndulos.

La determinación y la conservación de la hora por medio de relojes facilitó la determinación de la longitud en la tierra y permitió la navegación lejos de las costas en los mares. Los primitivos relojes de precisión fueron construídos por astrónomos.

La astronomía dió, pues, origen a la geodesia, sirvió de ayuda indispensable al navegante y fué la fuente de la industria relojera. El reloj patrón sigue siendo la rotación de la tierra en el espacio estelar. Aun los mejores relojeros de Suiza preguntan la hora a los observatorios astronómicos.

La óptica. — En la figura excelsa de Galileo entroncan no menos de tres ciencias: la física moderna, la astrofísica y la óptica teórica e instrumental. Galileo fué físico, fué astrónomo y fué constructor de telescopios. En sus trabajos desinteresados experimentales y teóricos tienen su origen remoto casi todas las industrias modernas.

La palanca que propulsó a la industria óptica durante los dos siglos posteriores a Galileo fué el deseo de contemplar el firmamento. Los microscopios, los anteojos para teatro y para deportes vinieron después.

La astronomía fué madre de la industria óptica. La tradición no se ha perdido. En el observatorio de Córdoba, por ejemplo, se han hecho contribuciones originales a la ciencia óptica, se han construído y se construyen lentes, espejos, prismas, espectrógrafos y telescopios.

La mecánica. — Los grandes trabajos de Newton sobre mecánica fueron hechos bajo la presión del astrónomo Halley para ser aplicados a los movimientos de los cometas, de la luna y de los planetas. La mecánica celeste es anterior a la terrestre. La astronomía puede considerar a la mecánica como hija suya.

La meteorología. — Los primeros estudios meteorológicos fueron hechos por astrónomos. Muchos observatorios abandonaron, en época moderna, a la meteorología, pero están retornando a su estudio. Durante la guerra fueron creadas varias estaciones astronómicas en EE. UU. y en Europa para el estudio intensivo de la corona solar, con fines meteorológicos y para predecir la calidad de las radiocomunicaciones.

La energía atómica. — El estudio de la energía atómica se ha efectuado en las estrellas antes de que los físicos dispusieran de aparatos adecuados para hacerlo en la tierra. La astronomía es un grandioso laboratorio para la física. El lenguaje de las estrellas ha sido descifrado por físicos y astrónomos, trabajando en estrecha colaboración.

El deseo de explicar. — La astronomía ha probado ser una ciencia de eminente importancia práctica, desde sus orígenes hasta hoy. Pero es, además, una ciencia que satisface al espíritu. Uno de los sentimientos primitivos del hombre es el deseo de explicar. Ese poderoso deseo universal es fuente de ciencias, de religiones y de supersticiones.

La ciencia astronómica satisface el deseo de explicar al mundo en que vivimos.

El observatorio de Córdoba. — La fertilidad práctica y científica de la astronomía ha sido demostrada, una vez más, con la creación del Observatorio de Córdoba.

Los catálogos estelares de precisión levantados con círculo meridiano por Gould, por Thome, por Perrine, por Zimmer y ahora por

Bobone han servido y sirven para la determinación de la hora y para la navegación en todo el hemisferio austral.

El Servicio Meteorológico Nacional tiene su origen en la Oficina Meteorológica creada por Sarmiento, a propuesta de Gould, por Decreto del 1º de diciembre de 1872, como parte del Observatorio de Córdoba, por encargo del Gobierno Nacional.

El servicio telegráfico de la hora oficial estuvo a cargo de este Observatorio durante muchos años. Ahora ha pasado al Observatorio Naval.

Las primeras determinaciones precisas de diferencias de longitud y de altura entre Buenos Aires, Rosario, Córdoba, Santiago de Chile y Valparaíso fueron hechas por el primer director de este Observatorio. Tales tareas están ahora a cargo del Instituto Geográfico Militar.

La primera agrupación científica y gremial de físicos y astrónomos, la Asociación Física Argentina, ha tenido su origen en el ambiente creador del Observatorio de Córdoba.

Ningún astrónomo profesional o aficionado necesita, pues, inquietarse cuando le preguntan para qué sirve la astronomía: La astronomía, la más antigua de las ciencias, madre de casi todas las demás, sigue teniendo una importancia psicológica, teórica y práctica no superada por disciplina alguna.

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL SERVICIO INTERNACIONAL DE LA HORA Y EL MOVIMIENTO RELATIVO DE LAS MASAS CONTINENTALES

POR EL

ING. CELSO C. PAPADOPULOS

PRÓLOGO

El presente opúsculo lleva la intención de exponer algunas conclusiones a que arribó el autor en el problema que le da nombre, y las razones que las motivaron.

Luego del examen somero de la teoría de las traslaciones y el Servicio Internacional de la Hora, se vincula este tema con el movimiento del polo y el Servicio Internacional de Latitud, para terminar haciendo varias sugestiones conducentes a la mayor efectividad del actual trabajo de investigación.

La tarea, sometida a largas interrupciones, prácticamente recién se inicia, y la vastedad del problema, así como las complicaciones que surgen al profundizar su estudio, parecen indicar que nuestra generación no conocerá la solución definitiva, si es que alguna vez se obtiene.

Nuestra misión, por lo tanto, deberá reducirse a la acumulación de datos, que en un futuro más o menos próximo serán elaborados y analizados.

A nosotros toca, pues, organizar la determinación de los valores mencionados en la mejor forma posible, y a la obtención de este fin tiende este ensayo. La formulación de teorías y las soluciones preliminares derivadas de los conocimientos actuales, no pueden dispensarnos de esa tarea.

Obedeciendo a fines de divulgación, los primeros capítulos están basados en diversas obras de los autores más conocidos, entre los que figuran Wegener, Kimura, Carnera y Jeffreys.

Es nuestro pensamiento que las líneas que siguen pueden prestar alguna utilidad; han sido escritas como homenaje a la labor honrosa y anónima de centenares de hombres, que acumulan material científico para ponerlo a disposición de los investigadores del futuro.

EL AUTOR.
Mayo de 1947.

I. - La Teoría de Wegener y el Servicio Internacional de la Hora

En su obra « La génesis de los continentes y océanos », dió Wegener forma definitiva a la teoría que había previamente esbozado en « La formación a base geofísica de los grandes accidentes de la corteza terrestre (continentes y océanos) », conferencia pública dada en la Sociedad de Geología de Francfort, el 6 de enero de 1912, así como en otra que la siguió, el 10 del mismo mes, en la Sociedad para el Progreso de las Ciencias Naturales, de Marburgo, que tituló « Las traslaciones horizontales de los continentes ».

Utilizando una larga serie de argumentos y pruebas de orden geofísico, geológico, paleontológico, biológico, paleoclimatológico y geodésico, Wegener destruyó las teorías precedentes de Suess, Haug, Dana, Hein y los discípulos de esos investigadores. Arrancando de una concepción genial, supo formar paulatinamente la entera armazón de deducciones, datos y comprobaciones que dieron cuerpo a uno de los trabajos científicos más ambiciosos de la historia humana.

No siendo el objeto de estas consideraciones la discusión ni el análisis de esta teoría, sino simplemente tomar nota de la influencia que en los trabajos geodésicos en general, pueden tener los movimientos relativos a que ella hace referencia, nos limitamos, en los siguientes párrafos, a hacer una somera recapitulación de los puntos principales de la misma.

El nombre adoptado para designarla — Teoría de las traslaciones continentales —, explica la faz más importante de la misma. Se admite que los bloques continentales han realizado, en el transcurso del tiempo, grandes movimientos horizontales a la deriva, que, con toda probabilidad, se continúan verificando.

De acuerdo a lo enunciado por Wegener, las masas continentales formaban, en el carbonífero superior, un solo bloque, del cual una

gran parte permanecía sumergida, formando las plataformas cubiertas por los mares epicontinentales. Los dominios abisales rodeaban entonces por completo a esa gran masa.

En una época ya determinada, comenzó la separación de distintas zonas del bloque mencionado, dando origen a la formación paulatina de los continentes, hasta llegar, por traslación progresiva, a la actual distribución de tierras emergidas.

En particular, la meseta continental sudamericana, en contacto directo con la africana hace millones de años, formaba con ésta un solo cuerpo, que en el período cretáceo se partió en dos trozos, los cuales fueron, desde entonces, separándose incesantemente.

De la serie de argumentos que expone Wegener en apoyo de su teoría, afectan directamente a este trabajo los que se relacionan con la geodesia. Lo afirmado por el investigador alemán, y su demostración, forman la base de estas líneas, aparte de la intención primera de agregar algunas consideraciones de carácter general, que creemos de importancia, para la ulterior resolución del problema.

La teoría de las traslaciones presenta, con respecto a las de gran alcance, la ventaja de poderse probar con medidas astronómicas exactas.

Así lo había previsto Wegener, y proponía la verificación de diferencias periódicas de longitud, cuya eventual variación para los mismos lugares, situados en distintos continentes, sería la evidencia buscada de la traslación relativa. Como veremos más adelante, la proposición de Wegener se cumplió al pie de la letra, y se encargó de ello una organización creada a tal efecto, el Servicio Internacional de la Hora, cuyo trabajo, prácticamente en sus comienzos, sigue los lineamientos generales propuestos por el sabio. La misión de este opúsculo es demostrar que la tarea no es, ni con mucho, tan sencilla como parecía, y que el sistema de investigación no es el más indicado. Brinda en su obra Wegener, las explicaciones que dedujo acerca de la naturaleza del fenómeno, que se refieren a la viscosidad del globo, a la conformación de los fondos oceánicos, haciendo luego un meditado estudio de la esfera de sial, y extendiéndose sobre el tema de los plegamientos y disyunciones, para después de algunas consideraciones sobre la formación de los bordes de los continentes, llegar a la parte medular de la teoría: las fuerzas que provocan las traslaciones. En dicho capítulo, se demuestra que, si bien los movimientos parecen a primera vista, formar un conglo-

merado irregular de desplazamientos, estos pueden, sin embargo, ordenarse en dos grandes sistemas que obedecen a causas independientes, y de cuya composición surge la resultante cuyos efectos estudiamos.

En efecto, las líneas generales de los desplazamientos, como no lo ignorará el lector, aparentan basarse en dos tendencias principales, la primera de las cuales consiste en un movimiento conjunto hacia el Oeste, provocado posiblemente por causas cósmicas, de la misma naturaleza que la acción lunisolar en las mareas, y que por diferencias de intensidad según la latitud y la masa, genera deslizamientos relativos entre los continentes.

La segunda estaría representada por el fenómeno de huída de los polos, acontecimiento debido al aplastamiento terrestre, que genera fuerzas que impulsan las masas de sial hacia el ecuador.

De la relativa influencia que estas acciones principales, junto con algunas secundarias, tengan sobre las distintas porciones de tierras emergidas, surgirían complicadas interacciones, cuya idea de conjunto, manifestaba Wegener, no podía formarse aún.

A esta altura del trabajo, podemos nosotros destacar un hecho, cuyo significado se nos antoja fundamental.

El desarrollo de una idea, o de un cuerpo de doctrina científica, tomando en consideración el objetivo, primario y último al mismo tiempo, de estudiar y aclarar la historia de los fenómenos, no puede circunscribirse al análisis parcial de una época determinada del desarrollo, sin buscar la ligazón, el nexo que une dichos acontecimientos con los que fueron la causa generatriz, así como tampoco, y esto ya ofrece interés particular para nosotros, es factible realizar ese estudio, sin efectuar el análisis previo de todos los fenómenos contemporáneos del que se examina.

Se advierte aquí un vacío en la magnífica exposición de Wegener, al no mencionar el origen ni las causas posibles de la aparición de la primitiva masa única continental. Se parte de un dado instante, y se especula de él en adelante. Resulta ocioso afirmar que, si en esta cuestión hacemos notar su omisión en la teoría de Wegener, ello es motivado porque esa ausencia, si bien no perjudica ni altera la verdad esencial de la misma, es en cambio, a nuestro criterio, de gran importancia para la conducción de los grandes estudios geodésicos. En efecto, no puede escapársenos que el conocimiento de las causas cósmicas que engendraron, como el mismo

Wegener supone, todos los movimientos ulteriores de la corteza terrestre, así como la aparición de los bloques continentales y su distribución original, podría darnos en líneas generales, la oportunidad de decidir un criterio racional de dispersión de centrales de observación, ya que estaríamos en condiciones de determinar con más aproximación, las direcciones futuras de los desplazamientos.

Al respecto, es conveniente recordar una expresión de Emile Belot, geólogo francés de principios de siglo, que es todo un llamado de atención, y que se aplica curiosamente al caso que constituye nuestro tema.

Manifiesta su disconformidad por la actitud científica que prevalecía en su tiempo, basada en el actualismo, que enfocaba todos los problemas considerándolos en ambientes modernos, sin tomar en cuenta lo posibilidad de que las fuerzas y agentes primitivos tuvieran distinta importancia, y aun diferente acción que en la época presente. Denunciaba un quietismo geológico, ya observado por Suess, que no tenía en cuenta en la evolución de las formas terrestres, el cúmulo inmenso de factibles aplicaciones que le brindaban la mecánica, la física moderna, la físico-química y la geofísica, que ya alcanzaban tan gran desarrollo.

Fué él, probablemente, el primero que notó la necesidad de estudiar la dinámica de los sistemas cósmicos primitivos, y en particular, de la Tierra en su nacimiento.

Es notable observar que Belot prevé la aparición de los geólogos de la escuela moderna. Ahora bien, utilizando los mismos argumentos, nosotros insistimos en que el trabajo aún no está completamente organizado. Ya volveremos más adelante sobre este tema.

Una vez que se hizo clara la conciencia de la necesidad de verificar la teoría de Wegener, pronto se notó un movimiento universal en tal sentido.

El 6 de septiembre de 1927, en la tercera sesión de la Comisión de Longitudes — se realizaba entonces en Praga la tercera Asamblea General de la Sección Geodesia de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional —, el presidente, general Ferrié, sometió a discusión la proposición del general Boscovic, presentada en la orden del día, que, refiriéndose a la hipótesis del profesor Wegener sobre los movimientos relativos de los continentes, establecía la necesidad de confirmarla con determinaciones periódicas de latitud y longitud en el mayor número posible de observatorios.

Los antecedentes inmediatos de este problema se remontan al año 1926, en que en parte con el mismo propósito, se llevó a cabo, en los meses de octubre a noviembre, la operación mundial de longitudes, de acuerdo a las condiciones generales fijadas en Madrid en octubre de 1924 — Segunda Asamblea General de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional —, y en Cambridge en julio de 1925 — Segunda Asamblea General de la Unión Astronómica Internacional —. Existía además un antecedente primario, en la emisión de la hora de París y Londres, que evidentemente no llenaba las condiciones deseables para la completa solución del asunto.

En la discusión que siguió, se obtuvo como concepto final, que se debía entrar a estudiar las tres proposiciones que más abajo se detallan, para luego someterlas a la consideración de la Asamblea General de la Unión Astronómica Internacional, que se reuniría en Leyde en 1928.

Las proposiciones mencionadas se resumen a continuación:

El general Boscovic sugería la determinación anual, durante un largo período, de la latitud y longitud de todos los observatorios.

Bowie proponía la continuación de la operación mundial de longitud, a realizar cada cinco o diez años, aumentando el número de estaciones hasta constituir una red completa sobre la Tierra.

Finalmente, Deslandres pedía la instalación de tres o seis estaciones fundamentales, organizadas con los últimos adelantos, para la determinación de longitudes, y, eventualmente, de latitudes, a fin de seguir este trabajo en las mejores condiciones posibles.

En la misma sesión, la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, a propuesta del general Ferrié, y apoyada en la comunicación del ingeniero Aguilar, expresó el deseo de que la estación de Monte Grande colaborara en la emisión de señales rítmicas, que iban a ser la base del nuevo sistema de labor.

Lo demás es historia conocida. El Servicio Internacional de la Hora comenzó sus trabajos, y continúa hasta el presente en su tarea de coordinación y recopilación. Sin embargo, el número de estaciones que contribuían a su mantenimiento ha ido decreciendo debido principalmente a la perturbadora influencia de los conflictos bélicos. Esta anomalía, junto con la circunstancia de que las trasmisiones se ven afectadas en su eficiencia y rendimiento por deficiencias técnicas — principalmente la falta de alcance de las estaciones muy alejadas entre sí —, hacen urgente la necesidad de vi-

talizar el Servicio, e infundirle nuevas directivas, algunas de las cuales, respondiendo a nuestro criterio, se proponen más adelante.

II. - El movimiento del polo y el Servicio Internacional de Latitud

Haremos aquí referencia a un problema que, si bien se estudió con amplitud, no se ha vinculado completamente, a nuestro entender, con el que estamos tratando, y que participa, con este último, de la característica esencial de ser ambos afectados por la realización de desplazamientos continentales.

Debe tenerse en cuenta que una variación de latitud puede deberse a un cambio en la dirección del eje terrestre, a una modificación en la dirección de la vertical, o a una traslación del tipo de las supuestas por Wegener.

No es el objeto de estas líneas realizar un análisis exhaustivo de los motivos a que puede obedecer dicho fenómeno, sino tan sólo su enumeración, con vistas a las conclusiones finales, sin detenernos mayormente en las consideraciones respectivas.

En lo referente a la influencia del desplazamiento del eje terrestre con respecto al globo, sabemos que sólo este tema debe ser estudiado, limitándonos al desarrollo de nuestro problema, ya que los movimientos del eje en el espacio están incluídos en los de precesión y nutación, y causan modificaciones en la magnitud de la ascensión recta y la declinación de las estrellas, pero no en la posición geográfica de un dado lugar.

Sin embargo, como se manifiesta más adelante, en astronomía los procedimientos de determinar la declinación de una estrella, y la latitud de un lugar, están tan relacionados, que existe el permanente peligro de tomar un error en la primera por una variación en la última, lo que evidencia la necesidad cada vez mayor de asegurar las posiciones estelares.

De ahí el método que sigue el Servicio Internacional de Latitudes, de utilizar las mismas estrellas en sus observatorios, lo que, si bien elimina la influencia de esos errores de posición, restringe en cambio el trabajo a los institutos situados sobre un mismo paralelo, por las condiciones que exige el método elegido.

En cuanto a la influencia de la modificación en la dirección de la vertical, este fenómeno puede deberse a un deslizamiento del te-

rreno en el que está basado el lugar de observación, con respecto al cuerpo del globo terráqueo, llevándolo a un lugar donde actúe un miembro distinto del grupo de fuerzas que forman el campo gravitacional. Dichos movimientos pueden separarse en: los de pequeña intensidad — como en las regiones sujetas a perturbaciones sísmicas —, o de mayor intensidad, en caso de verificarse los deslizamientos de importantes masas superficiales a grandes distancias, previstos por Wegener.

Hasta hoy, no ha sido posible encontrar ninguna variación de latitud atribuíble a perturbaciones sísmicas, pero esto no implica que observaciones continuas y cuidadosas no sean útiles para determinar o desestimar dicha influencia.

Finalmente, no hay que olvidar que existe otra forma según la cual pueden verificarse cambios en la dirección de la vertical, y ella consiste en el hecho de la alteración del campo terrestre de la fuerza gravitacional, debido a la acción de agentes externos o internos.

Entre los primeros, se destacan las fuerzas generadoras de las mareas, provenientes de la acción lunisolar, y entre los últimos, si bien se desecha da posibilidad de grandes cambios en la disposición del núcleo, cabe aun considerar la influencia que la erosión y la sedimentación, por ejemplo, pueden tener en la distribución de las masas, y consecuentemente, en la disposición del campo gravífico.

El problema actual comenzó a plantearse en 1765, cuando Euler, basado en la discusión matemática del problema de la rotación de un cuerpo rígido, derivó la aplicación de su teoría al caso de la Tierra. El curso posterior de los hechos pertenece ya a la historia de la ciencia mundial. De la contribución que hicieron hombres como Bessel, Nyrén, Newcomb, Küstner, Chandler, Albrecht, Kimura y otros, nació el Servicio Internacional de Latitudes.

En efecto, según hace notar Lambert, en los últimos años del siglo anterior, como resultado del proceso científico llevado a cabo por los arriba nombrados, numerosos observatorios en todo el mundo, habían realizado determinaciones periódicas de latitud, pero pronto se notó la dificultad de realizar una efectiva comparación de los resultados, debido al imperfecto conocimiento de las declinaciones de las estrellas utilizadas. Por consiguienae, se creyó oportuno emplear las mismas en todos los observatorios, como hemos señalado más arriba.

La conferencia de la Asociación Geodésica Internacional reunida en Berlín en 1895, comenzó el trabajo de organización del Servicio Internacional de Latitudes, con el propósito de tener observatorios especiales, bien distribuídos en longitud, situados en localidades con buenas condiciones de observación, y todos en el mismo paralelo.

Se eligieron las estaciones de Mizusawa, en Japón; Carloforte, en Cerdeña; Gaithersburg, en Maryland, y Ukiah, en California, todas a los 39° 08′ norte.

Se contó además, con la colaboración eventual de los observatorios de Cincinnati y Tschadjuí, comenzando el trabajo a fines de 1899 y principios de 1900.

Esta misma organización, con alguna diferencia debida a la primera guerra mundial, continuó su labor hasta 1922, año en el cual, el trabajo fué tomado por la Unión Astronómica Internacional y por la Sección de Geodesia de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, creadas ambas después de la mencionada conflagración. En lo relativo al hemisferio sud, se realizó una primera serie periódica de observaciones, en la que se hizo presente nustro país, con el observatorio de Oncativo. En la actualidad, sigue esa labor una nueva cadena austral, en la que colabora el Observatorio Nacional de La Plata.

Uno de los primeros frutos de esta labor, fué la determinación del camino del polo norte de rotación, durante los períodos de 1890 a 1900, 1900 a 1912 y 1912 a 1918, deducido por Wanach de dichos trabajos. El análisis y discusión de estas investigaciones, así como de las similares de Kimura, Carnera, Jeffreys, Manganiello y otros, no cabe dentro de los límites de este opúsculo.

Tan sólo hemos de recordar que, en definitiva, el progreso de la cuestión no ha sido considerable desde los tiempos de Chandler y Newcomb.

La causa de las perturbaciones hasta aquí mencionadas, permanece aun incógnita, y todo lo que a ella se refiera pertenece al dominio de lo hipotético.

Llegamos a lo deseado, y que quedará sentado en las conclusiones finales. La cuestión, por el gran número de factores que intervienen, se ha tornado sumamente compleja, y la tarea de investigación, hasta hoy muy restringida, no alcanza a cubrir las numerosas teorías que se pueden emitir.

III. - Naturaleza del problema y estado actual del trabajo

En lo que sigue, se da una enumeración de los factores que inciden en el problema, deducidos de las hipótesis y teorías consideradas, sin perder de vista que el objetivo ulterior de todas las tesis formuladas y de las mediciones que se están realizando, es el de determinar la morfología histórica de la Tierra, establecer su origen, su conformación primitiva y actual, las fuerzas que actúan sobre nuestro planeta, la distribución de las masas continentales en todas las épocas, la valuación de sus movimientos y la previsión de las variaciones futuras. En resumen, determinar la génesis, la evolución y el porvenir aproximado del globo.

Tanto en este capítulo, como en el siguiente, entre los factores y proposiciones que en ellos figuran, se dan algunos que, al entendimiento del autor, no se han publicado con anterioridad.

De lo afirmado en párrafos precedentes, se desprende que la forma correcta de encaminar el trabajo es la de determinar periódicamente la latitud y la longitud de una serie de puntos sobre la corteza terrestre. Estudiando la variación de estas coordenadas con el tiempo, y agrupando los resultados obtenidos para el examen de conjunto, se tendría en definitiva un esquema general de los desplazamientos relativos de los continentes.

Como hemos visto más arriba, el Servicio Internacional de Latitud y el Servicio Internacional de la Hora tienen a su cargo la determinación de esas coordenadas, y ya se ha ofrecido una visión aproximada del estado de esos trabajos, que a nuestro criterio no llenan todavía todas las condiciones deseables, principalmente en lo relativo al número de estaciones cuya labor se realice en forma continua.

Sin embargo, la corrección de este procedimiento es sólo aparente, examinándolo siempre desde el punto de vista del resultado final, que debe comprender una serie de valores lo más completa posible, para la posterior discusión.

En efecto, si bien la obtención de dos coordenadas es suficiente para la fijación de la posición de un lugar, tomado sobre un cuerpo — ejes de referencia —, y la repetición de las observaciones da las nuevas posiciones de dicho punto, con lo que se consigue determinar el camino recorrido, no debemos olvidar que ésto deja de

ser positivo cuando los orígenes de coordenadas o puntos de referencia se desplazan también en forma independiente e incontrolada.

Se plantea en ese caso la duda de si lo que se mueve es el cuerpo o lugar, los ejes de referencia o todo. Esta aseveración se comprueba, por ejemplo, en el caso del estudio del movimiento del polo, que se realiza por la determinación periódica de la latitud de diversos observatorios, como ya se ha visto antes. Del examen de los datos obtenidos simultáneamente, se deduce el camino seguido por aquel, en función del tiempo.

Vemos aquí que esto equivale a suponer fijas las masas continentales en el sentido de su distancia al ecuador, tomándolas como punto de referencia; ahora bien, el estudio mencionado se complicaría enormemente si esas masas se desplazaran, y más aún, si ese movimiento fuera igual o semejante para los bloques donde se apoyan los observatorios.

Se dirá que, matemáticamente, sería posible hacer un examen completo y deducir a la perfección la exacta naturaleza del movimiento tomado en conjunto, pues los datos obtenidos son suficientes.

Esto es indiscutible, pero lo es también, sin ninguna duda, que nuestro terreno no es completamente conocido, y que los medios a nuestra disposición no nos llevan a la exactitud numérica. En suma, no estamos trabajando como matemáticos, sino como geodestas.

Los métodos empleados, y las posiciones estelares catalogadas, nos permiten determinar coordenadas dentro de cierta precisión, y en ese entorno pueden existir movimientos que resulten imperceptibles. Así pues, lo que geométricamente es factible — determinar los movimientos absolutos de los polos con respecto a la Tierra —, conociendo la ubicación a través del tiempo de tres o más puntos sobre los continentes, se transforma en inseguro, en términos geodésicos.

La falta de precisión podrá ser obviada en el futuro con el mejoramiento de los métodos e instrumentos utilizados, y con la depuración y vigilancia de las posiciones estelares, y, desde ahora, por el aumento apreciable de los centros de observación[9] según figura en las proposiciones finales.

Entre los términos que tornan más compleja la solución del problema, figuran los que se dan a continuación, estando todos ellos agregados a los que, en nuestro concepto, se estudian en la actuali-

dad, y que son los ya mencionados, cumplidos por los Servicios Internacionales de Latitud y de la Hora.

1º - Debe formar parte del trabajo a realizar, la consideración analítica del estado de las fuerzas cósmicas que dieron origen a la Tierra. Este conocimiento, como ya lo señalamos con anterioridad, lo conceptuamos de gran importancia para el encarrilamiento eficaz de los trabajos de investigación. No es posible establecer una línea de separación entre los períodos geológicos, para comenzar las teorías en ese punto, sin tener en cuenta los agentes y acontecimientos previos. El estudio y la formulación de hipótesis debe ser integral para ser útil, y a este respecto ya dijimos que el mismo Wegener deja de lado, sin que ello disminuya la importancia de su labor, toda referencia a las épocas que precedieron a la formación del bloque único de continentes. En efecto, es de imaginar que las fuerzas actuantes en un principio, y los agentes exteriores o internos que las provocaron, constituyen todavía, aunque más no fuera que como efectos remanentes, factores de importancia en los desplazamientos cuya comprobación se busca.

Por lo tanto, se comprende que, conocido esto, sería posible también el ubicar los centros de observación en los lugares más indicados, evitando acumular datos pocos prácticos, e investigar sobre las zonas donde son de esperar movimientos mensurables.

Estamos dedicados a la verificación de la teoría de los desplazamientos continentales, y, si tenemos en cuenta, no ya la labor cuya realización se propone al final de este opúsculo, sino tan sólo la que en la actualidad está en vías de realización, veremos que, con toda seguridad, el cúmulo de datos será de tal magnitud, y el desarrollo analítico a efectuar en el futuro, de tal complejidad, que cualquier complicación que surja por causa de una distribución imperfecta, puede poner en peligro la finalización satisfactoria de la empresa, al tornar imposible la discriminación entre lo fundamental y lo accesorio.

Queda así demostrada la necesidad imprescindible de una teoría, aun no formulada en forma completa, que tenga en cuenta la relación que existe entre el estado actual del planeta, y el de la nebulosa original, así como la evolución de los agentes actuantes, en el trascurso del tiempo.

2º - Ya hemos anotado que se está realizando la determinación y valuación del desplazamiento relativo de las masas continentales

en la dirección este-oeste, con mediciones a cargo del Servicio Internacional de la Hora.

Se atribuye en general estos movimientos a influencias externas, particularmente al efecto de mareas terrestres producidas por la acción conjunta del Sol y de la Luna. Surge de inmediato la cuestión de si esos mismos agentes y sus acciones cósmicas tienen la misma o semejante influencia sobre las zonas del sima o sobre el núcleo interior, a lo cual seguiría la deformación periódica de las masas inferiores, con la subsecuente formación de corrientes y desplazamientos abisales.

De verificarse esto, además del desplazamiento relativo de los bloques continentales, habría un movimiento general siguiendo la dirección este-oeste, por el cual todas las capas superiores del globo terráqueo experimentarían una deriva con respecto a un imaginario punto fijo del núcleo.

Es visible que la influencia cósmica estaría actuando simultáneamente en ambos movimientos, pero la diferencia existente de densidades y curvaturas, así como la viscosidad del sima que soporta los bloques continentales y la propia estructura de los mismos, provocaría deslizamientos relativos entre las diversas capas concéntricas.

De manera que es necesario separar y medir contemplando ambas posibilidades, y si bien es factible proceder a la valuación de los movimientos relativos tomando puntos de referencia sobre la corteza terrestre, no lo es, a nuestro criterio, para determinar el desplazamiento general, que se debe relacionar con un punto fijo extraterrestre.

3º - Vimos, en el capítulo II, las líneas generales y las causas posibles del movimiento periódico de los polos.

Se presenta aquí una nueva faz del problema, si atendemos a lo expresado por Wegener y su escuela. Hablamos del movimiento general de huída de los polos, por el cual las masas continentales, obedeciendo a fuerzas tangenciales en la dirección de los meridianos provocadas por el aplastamiento del globo, se desplazarían en conjunto hacia el ecuador.

Si la viscosidad y plasticidad del sima permitieran este movimiento, estaríamos frente a un fenómeno continuo de variación de latitudes, siempre en el mismo sentido, posiblemente de poca intensidad hablando en términos históricos, pero no por ello de menor perceptibilidad.

Este fenómeno exige también su estudio continuo, y durante un lapso imprevisible por ahora. La comprobación definitiva vendrá con el tiempo; entretanto, se hace visible la necesidad de distinguir entre el caso de la oscilación periódica que se estudia en la actualidad, y el caso del movimiento aperiódico; habrá que examinar y avaluar sus intensidades, y considerar en este caso qué parte de las anomalías en las latitudes se debe al movimiento oscilatorio del eje de la Tierra, y qué parte al desplazamiento hacia el Ecuador, de las masas continentales.

4º - El análisis detenido de los estudios geológicos realizados hasta la fecha, ha planteado a los investigadores un nuevo interrogante, al señalar la probabilidad de que la línea de los polos, marcada en forma indeleble en las zonas por las que ha pasado, no haya ocupado siempre la misma posición. No expresamos con esto ningún acontecimiento desconocido, pues esos estudios han sido suficientemente divulgados, pero interesa sobremanera destacar que, si esa migración se ha realizado en el pasado, no encontramos ninguna razón plausible para que no continúe en el presente, aunque escape a nuestras posibilidades el observarla.

Ahora bien, ese desplazamiento aperiódico, puede ser real o aparente. En el primer caso estaremos, si el eje terrestre ha evolucionado independientemente de todo otro acontecimiento que se haya verificado. Se tratará en cambio, de un fenómeno aparente, si esa migración se debe a los desplazamientos continentales, caso en el cual el problema no existe. En resumen, se debe determinar si los polos se han movido siguiendo una trayectoria cualquiera, o si han sido los bloques continentales los que, debido a sus propios movimientos, han desfilado bajo el eje polar, que en este caso puede haber permanecido fijo.

No es de abandonar una tercera posibilidad, que es la de que se puede haber realizado un movimiento compuesto, en el cual se desplazaban las tierras al mismo tiempo que la línea de los polos se movía.

Lo anterior muestra con claridad que la determinación de lo realmente acontecido será asombrosamente compleja.

5º - Entre las posibles causas de alteraciones en el estado de equilibrio de las masas terrestres, que provocan variaciones de la velocidad de rotación, del ángulo entre el eje de mayor momento de inercia y el eje de rotación, entre otros fenómenos, cabe distin-

guir entre las causas cósmicas, o agentes exteriores, y las terrestres, o agentes interiores. Todas ellas deben, a nuestro criterio, ser tomadas en debida cuenta, pero en la actualidad, si bien su estudio particular se halla avanzado, no se han agrupado las mismas para la consideración del problema de variación de posición que nos ocupa.

Los agentes internos a relacionar, que ya se han comenzado a estudiar, son, entre otros, las precipitaciones pluviales, las nieves y hielos, la formación de vegetación, los desplazamientos de masas de aire. Todos representan acumulaciones periódicas y alternadas de pesos sobre la Tierra, distribuídos irregularmente, cuya acción debe verificarse.

La acción a corto período de las mareas también entra en el cuadro de las causas posibles de perturbaciones.

Sería de interés tomar nota del hecho positivo del corrimiento de los polos magnéticos, para deducir con exactitud qué relación lo liga con nuestro tema.

6º - De acuerdo a lo expuesto por Wegener, los movimientos sísmicos y los fenómenos de vulcanismo, corresponden a deslizamientos de masas en forma repentina al caer en desequilibrio, que se traducen en aquellos fenómenos.

Si bien teóricamente, esto significaría una brusca variación en las coordenadas de los lugares afectados, nosotros creemos que, por la misma naturaleza de los métodos de observación, y de su posición relativa, no es posible en la actualidad determinar variaciones de corto período de tal índole.

Evidentemente, sería de gran utilidad el conocimiento completo de la distribución de las fuerzas en el campo gravífico terrestre, así como el de las variaciones de corto y largo período que en él pudieran acaecer, pues es lógico el encadenamiento que existe entre la disposición de tales fuerzas y sus variaciones y perturbaciones, con la dirección de la vertical, elemento inconmoviblemente unido a la latitud.

Ese estudio, realizado en forma sistemática y continua, prestaría grandes servicios en la tarea de revelar la incógnita de las zonas abisales, de los movimientos que en ellas se verifican, y de la distribución aproximada de sus componentes.

7º - De la composición de los desplazamientos en el sentido de la longitud y de la latitud, surge el movimiento resultante siguiendo líneas geodésicas, pero no hay que olvidar que las perturbacio-

nes accidentales y la textura de los continentes, así como su conformación fortuita original, tienen influencia marcada en el desarrollo de sus movimientos. De manera que surgirán sin duda, términos en las ecuaciones que no podrán ser resueltos si se consideran los desplazamientos de esa forma.

Nosotros creemos que una organización dedicada a observar las variaciones de acimut en puntos estratégicos, obtendría resultados que podrían ser utilizados para determinar los cambios de rumbo en la deriva de los continentes.

Con los métodos actuales, la precisión en la determinación de acimut no es lo suficientemente ajustada como para esperar magnitudes inmediatas, pero no perdamos de vista que su utilización se efectuará en el futuro.

Los valores que se obtengan en la actualidad, serán alguna vez analizados, y se debe tratar de evitar que, en tal ocasión, el trabajo de siglos se convierta quizá en inútil, por falta de los datos complementarios.

Si en el estudio de la evolución terrestre fuera posible obtener leyes generales por deducción, leyes que cumplirían los continentes en su movimiento, sería factible comparar los caminos previstos con los efectivamente realizados, para lo cual creemos esencial conocer las variaciones de acimut. De las anomalías que aparecieran, y con los datos disponibles, se tendría ya una primera impresión sobre la exactitud de las leyes establecidas. Es evidente que el proceso debería reiniciarse, y así, por aproximaciones sucesivas, irse acercando a la solución final.

8º - Estando ligadas las coordenadas estelares a las de los observatorios que las determinan, se nota que la variación de estas últimas afecta a la seguridad de las primeras, y, no contando con con una cierta exactitud en las posiciones de las estrellas, no la podremos obtener tampoco en las mediciones que con ellas se realicen. Se ha formado así un círculo vicioso, del cual se ha tratado de salir de diversas maneras, entre ellas, para el caso de la latitud, con el convenio de todos los observatorios situados sobre el mismo paralelo, de utilizar las mismas estrellas en sus trabajos, con lo cual se elimina, en el estudio final, la influencia de esos errores de posición.

Esto es sólo una solución parcial, y no es aplicable a todos los trabajos que se deben realizar, por lo cual resulta poco convenien-

te en términos generales. Habrá que ir mejorando los catálogos, con los primeros resultados obtenidos, aunque ellos no sean más que aproximados. Se deberá proveer a los observatorios con los últimos datos sobre la variación prevista de sus coordenadas, en función del tiempo.

9º - El fenómeno de la refracción atmosférica tiene también singular importancia en la faz práctica del problema, y se ha hecho necesario el estudio a ultranza del asunto en sus más pequeños detalles, especialmente en lo relativo a su variación con los fenómenos meteorológicos de todo orden. Resulta ocioso destacar que la resolución definitiva de este tema, ya frondosamente considerado, o el hallazgo de procedimientos que lo eliminen sin ningún género de duda en todos los tipos de observaciones, será un paso adelante en el camino a recorrer.

Como vemos, en la recapitulación anterior se ha presentado el problema con una complejidad mucho mayor que la que se le adjudicó en un principio.

Se argumentará que no se trata de complicar, sino de resolver, pero esa solución, de todos modos, deberá ser postergada para muchos años más adelante, y el estudio a efectuar debe ser completo, si se quiere tener alguna vez, la noción clara de la verdad.

Honradamente pensamos que la omisión de alguno de los detalles anteriores puede inutilizar todo el ímprobo trabajo.

Quede así constancia, de que no se ha intentado dificultar lo que es simple, sino, por el contrario, habiéndose entrevisto que se tomaba por sencillo lo complejo, se ha querido contribuir a que el magno problema fuera encarado en la forma más racional e inteligente posible.

IV. - Conclusiones

En lo que sigue, se enumeran las conclusiones a que se ha llegado, luego de considerar todas las razones hasta aquí expuestas. En general, las proposiciones hechas pueden clasificarse dentro de tres categorías, la primera de las cuales se refiere a las tareas ya comenzadas por los Servicios Internacionales, la segunda constituye un esbozo del trabajo probable a realizar en un futuro más o menos próximo, y la tercera, por fin, se dedica al imperioso problema de los catálogos de posiciones estelares.

A:

1º Es necesario aumentar en forma notable el número de estaciones mundiales de longitud y latitud, así como mejorar la eficiencia de los sistemas de intercomunicación, y resolver en forma definitiva la conducta a seguir en caso de conflictos bélicos, para evitar nuevas interrupciones parciales o totales del trabajo.

2º Sería conveniente, desde todo punto de vista, que las estaciones mencionadas realizaran, sin excepción, la determinación de las dos coordenadas.

3º Las nuevas estaciones pueden ser ubicadas, con carácter precario, de acuerdo a lo que indiquen los primeros valores, ya obtenidos.

B:

4º Es posible contemplar para el futuro, la organización de una red definitiva de centros de observación.

5º Dentro de esa ordenación, sería adecuado situar las estaciones de latitud y longitud que correspondieran a una misma masa continental, sobre los puntos extremos de los paralelos y meridianos que abarcaran los mayores arcos, de manera de tener permanente contralor de posibles contracciones o desgarramientos, aparte de la tarea ordinaria de verificación de los desplazamientos.

6º Es del caso comenzar a estudiar la posibilidad de efectuar determinaciones periódicas de acimut y aceleración de la gravedad, por medio de Servicios Internacionales similares a los ya operantes.

7º Es indicado efectuar determinaciones simultáneas ligadas, cada 10 años, además del trabajo regular.

C:

8º Es de urgencia el encauzamiento de todos los datos disponibles, para la tarea de mejorar y depurar los catálogos de estrellas.

Es posible que el transcurso del tiempo, y la publicación de nuevos estudios, nos señalen nuevas directivas a seguir en el desarrollo de la investigación. En el día de hoy, dentro de nuestros precarios conocimientos, no conseguimos tener mejores nociones que las que se deja anotadas.

PREVISION DE LA CIRCULACION ATMOSFERICA

POR

EMILIO L. DIAZ

ABSTRACT

This work refers to long range atmospheric circulation forecasting in the western half of the Southern Hemisphere. For this purpose the author uses air flow streamlines as computed from Pilot Charts and corrected to obtain geostropic winds. He superimposes the pressure anomalies to the circulation field in order to bring out deformations of flow.

Six chapters are included in the paper giving three ways to attack the problem: first using phenomena preceding lasting overnormal latitudinal gradients on southern Argentina; second same analysis for under normal gradients on that region and third analysis of five days running mean maps (pressure).

Chapters deal as follow:

1st.: Normal surface air flow in the western half of the Southern Hemisphere.
2nd.: Phenomena preceding lasting strong west circulation over southern Argentina.
3rd.: Phenomena preceding reversion of normal west circulation over southern Argentina.
4th.: Análisis of atmospheric circulation for january, february, august and september 1939 in the west falf of the southern Hemisphere.
5th.: Discuses some researches on solar radiation effects upon surface pressure in Southern Hemisphere.
6th.: Summary of results.

The fourth chapter carries a practical demostration of the method employed to forecast and a method to determine tendencies

for pressure animalies and isallobaris patterns. Also procedures to forecast circulation indexes for the temperate zone and displacement of waves in the westerlies.

Strong west circulation in Argentina is a consequence of the passage of a cyclonic area moving east from its place of origin, near south east New Zealand. Conversely, reversion of normal gradient results of overrunning polar air coming north from Antartica, south west Tierra del Fuego. Sequence of maps for both occurrences are similar if a 6 days lag is allowed.

In the sixth chapter it is pointed out that also phenomena preceding strong and weak western circulation over south Argentina can be used for forecasting purposes in eastern South Pacific and west South Atlantic. In spite of some relation between solar radiation and pressure (better felt over east South Pacific and west Alantic), it is found it cannot actually be used because of the too small statistical linkage. It throws some ligth in respect to the causes of strong and weak circulation.

Procedure explained, is estimated, may give a good forecast of the five days mean pattern for 6 days in advance which occasionally may be extended to 8 under favorable circunstances.

El presente trabajo, que es continuación del aparecido en el número de junio de 1944, en los Anales de la Sociedad Científica Argentina, cuyo título era « Algunas Investigaciones sobre la Circulación Atmosférica », persigue como objetivo la previsión de la circulación general del aire en superficie con una anticipación de seis a ocho días.

El autor agradece al Sr. R. H. Weightman del Weather Bureau de los Estados Unidos el haberle proporcionado los valores diarios de la presión registrados durante 1936 y 1939 en las estaciones ubicadas en aguas de Australia y en Little America; análogo agradecimiento expresa al Servicio Meteorológico Chileno por los de las Estaciones de este país, y al Servicio de Meteorología Marítima de la Argentina por los del nuestro.

En el presente estudio se analizó el sector comprendido entre los meridianos 30°W-180°-150°E, y los paralelos 0° a 80°S. Es decir, incluye el hemisferio sur entre la mitad oriental de Australia y el

Océano Atlántico Occidental. Las cartas empleadas son de proyección cónica bisectante, lo que permite representar grandes áreas con un mínimo de deformación. En lo que sigue, cuando empleamos la locución Océano Pacífico u Océano Atlántico, nos referimos a la parte de dichos océanos comprendida en el hemisferio sur.

El trabajo fué dividido en los siguientes capítulos:

I. La circulación atmosférica normal, que se refiere a los movimientos generales del aire en superficie y en el sector de hemisferio que estamos considerando.

II. Los máximos de gradiente latitudinal en la Patagonia, que versa sobre el génesis de los grandes gradientes barométricos en la parte sur de Sud América.

III. Los mínimos de gradiente latitudinal en la Patagonia, que trata de la generación y evolución de los mínimos de pendiente barométrica sobre la región patagónica.

IV. Análisis de la circulación atmosférica en enero y febrero y en agosto y septiembre de 1939, se refiere a un estudio sinóptico de la evolución y marcha de las medias móviles de cinco días de la presión, isolabaras, tendencias, líneas de corriente y relaciones recíprocas. Incluye un ejemplo de pronóstico a largo plazo.

V. Efectos de los máximos de radiación solar, trata de un estudio sobre las acciones que un máximo de radiación ejerce sobre el campo barométrico en el sector de hemisferio considerado.

VI. Conclusiones, contiene un resumen general de los fenómenos y hechos investigados en los capítulos anteriores.

Capítulo I

LA CIRCULACION ATMOSFERICA NORMAL

La distribución de las presiones en el Hemisferio Sur presenta un intenso gradiente barométrico latitudinal entre los 35°S y los 65°S. La aplicación de la fórmula del viento geotrópico a esa distribución del campo barométrico lleva a obtener valores de viento, correspondientes al gradiente, de una magnitud grande.

Sin embargo, si se calculan los vientos resultantes de las distintas rosas de vientos a lo largo de un meridiano, entre las latitudes mencionadas, las magnitudes son notablemente menores (aproximadamente la mitad) y la integración de la curva de la presión a lo

largo de ese meridiano, en base a los gradientes deducidos de los vientos resultantes, da una pendiente notablemente menor que la observada en las presiones medias. La misma conclusión es cierta para todos los meridianos.

Vale decir entonces que el campo de presiones relativas de circulación del aire en superficie, aunque conserva la morfología general del campo de las presiones medias, presenta valores de gradiente mucho más bajos. Nuestro estudio se refiere la circulación real observada, esto es, a los movimientos efectivos del aire y por lo tanto reqiuere el conocimiento del flujo del aire tal cual ocurre.

En base a esta premisa se procedió a calcular la intensidad y dirección de los vientos resultantes, obtenidos de las rosas de vientos que dan las « Pilot Charts » publicadas por el Servicio Hidrográfico de los Estados Unidos y dibujar luego las líneas de corriente, en forma tal que su gradiente y dirección en cada punto correspondieran al viento resultante observado en dicho punto.

El cálculo se realizó para lugares distribuídos a distancia de 10° uno de otro, tanto en latitud como en longitud, excepto en las latitudes más altas en las cuales la distancia se tomó de 5° en 5°. También se incorporaron, además, las observaciones de viento registradas en la Antártica por las diversas expediciones que han ido a ese continente y las de las islas Orcadas.

Las « pilot charts » dan las frecuencias de los vientos en porcentaje y su fuerza en escala Beaufort, por lo cual se atribuyó a cada dirección un peso igual al producto del porcentaje por su fuerza media. Estos valores fueron descompuestos en sus componentes surnorte y oeste-este. Sumadas esas componentes se calculó el vector resultante. El cociente de la magnitud de este último vector dividido por 100 proporcionó la velocidad resultante en escala Beaufort y su dirección quedó determinada por la dirección del mismo. El cociente de la suma de los productos porcentaje por fuerza, dividido por 100, dió la fuerza media del viento.

La estabildad del viento resultante se calculó haciendo la división de su fuerza, obtenida en la forma que antes se indicó, por la fuerza media del viento. Se determinó también una tablilla para pasar de la escala Beaufort a metros por segundo.

Los valores anteriores, velocidad del viento resultante, dirección y estabilidad fueron tabulados y determinándose luego la velocidad

(Vg) y dirección (DDg) del viento geotrópico. A este último efecto se supuso que, en el mar, es:

$$Vr = 0{,}75 \times Vg$$
$$DDr = 25^\circ + DDg$$

relaciones empíricas que se cumplen bastante aproximadamente.

El tercer paso del proceso fué dibujar las líneas de corriente, para lo cual una vez colocadas sobre la carta los vectores del viento resultante, fué necesario calcular un cartabón que diera la distancia entre líneas de corriente, de 2 en 2 milibares, en función de la latitud y de la velocidad en metros por segundo.

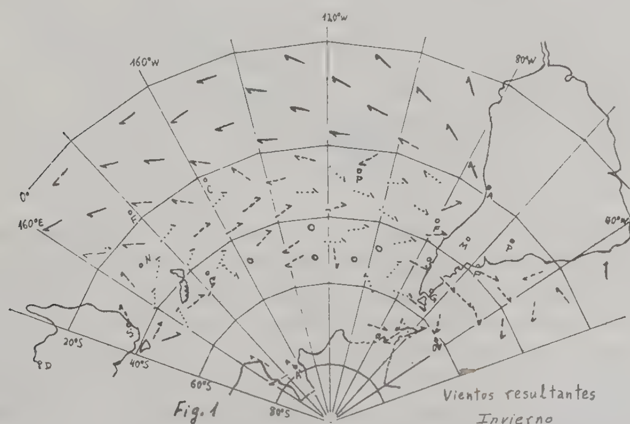


Fig. 1

Los cálculos de vientos resultantes en el sector considerado en este trabajo (latitudes 0°-80°S, y longitudes 30°W-180°-150°E) se efectuaron para el verano (diciembre, enero y febrero) y para invierno (junio, julio y agosto) cuyos resultados se muestran en las figuras 1 y 2. En estas figuras las flechas llenas indican estabilidad mayor de 0,75; las de dos trazos estabilidad de 0,50 a 0,75; las de tres trazos de 0,25 a 0,50 y las de puntos de 0,11 a 0,25.

Sin embargo, el cálculo de los vientos geotrópicos y líneas de corriente se hizo solamente para la resultante de verano e invierno, debido especialmente a la incertidumbre que ocasionaba esta última época del año, durante la cual el número de observaciones en las latitudes altas es escaso. Cabe hacer notar un hecho interesante en

esta última instancia, la circulación de tendencia anticiclónica que se nota en el cuadrado limitado por los meridianos 90°W y 120°W y latitudes 55°S y 70°S.

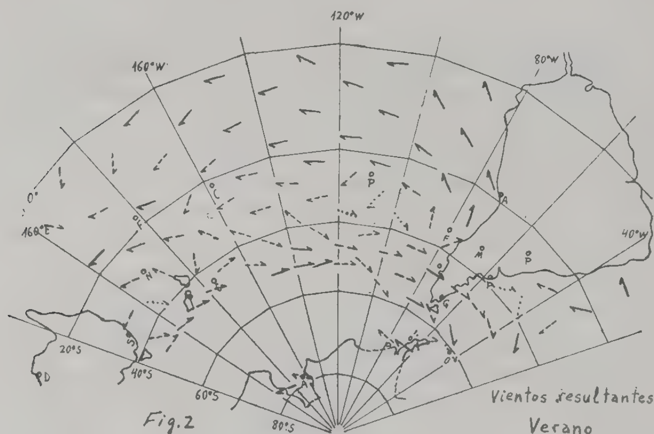


Fig. 2

La figura 4 indica las líneas de corriente del viento resultante geotrópico anual y las presiones relativas de circulación correspondientes a las diferentes estaciones meteorológicas que se emplearon en los cálculos posteriores de este mismo trabajo. Las magnitudes indicadas son arbitrarias, con la única limitación de que si consideramos las diferencias entre los valores dados para cada línea, ellas proporcionan un gradiente, en milibares (gradientes de circulación resultante geotrópica) que reproduce, en dirección y fuerza, el viento resultante geotrópico observado en ese punto.

En la carta se indica también la presión relativa de circulación para el lugar geográfico latitud 60°S, longitud 120°W. Este lugar geográfico que corresponde a la isla Dougherty, en la cual no existe estación meteorológica, fué elegido como punto de apoyo para la confección de las cartas, que se incluyen en lo restante de este artículo, mediante ciertas deducciones aproximadas que se señalarán más adelante.

La razón que se tuvo al deducir las presiones relativas de circulación en los lugares indicados en la carta, obedeció a la necesidad de disponer de puntos mediante los cuales, al superponer una distribución barométrica cualquiera, permitieran dibujar el flujo

del aire correspondiente al campo barométrico resultante. Esta presunción nos parece a nosotros justificada, si tenemos en cuenta que la relación formular geotrópica entre viento y gradiente se cumple con suficiente exactitud en las cartas sinópticas, en las latitudes en las cuales aquella relación es valedera. Por otra parte, como se verá más adelante, las dimensiones de los sistemas que se estudian en este artículo autorizan a emplear, sin error sensible, los valores de viento geotrópico en lugar del de gradiente.

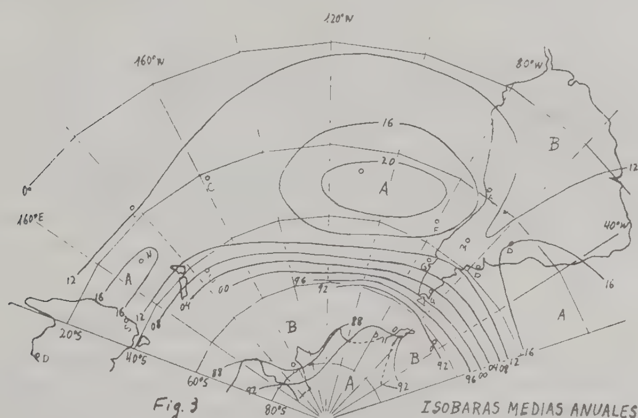


Fig. 3 ISOBARAS MEDIAS ANUALES

La figura 3 muestra las isóbaras medias anuales. En ella aparecen dos centros anticiclónicos, uno más intenso, ubicado en la sección oriental del Pacífico Sur y otro más débil próximo a la costa de Australia, que desaparece en verano, y dos zonas de baja presión, una ubicada en longitud 150°W y latitud 70°S, y otra al sur de Orcadas. Sin embargo, cabe hacer notar que la existencia de la primera de esas zonas depresionarias, como individuo específico, debe tomarse con ciertas restricciones debido a las variaciones de que un año a otro, se observan en las presiones medias registradas en la Antártica.

La figura 4 en la que aparecen las líneas de corriente, muestra el flujo de aire desde los anticiclones hacia la región ecuatorial, que forma los alisios; la corriente de aire del sur que domina el territorio chileno es responsable de las relativamente bajas temperaturas en ese país con respecto a las que le corresponderían en

razón de su latitud. Otro aspecto que puede verse en la mencionada figura es la existencia de la zona de baja presión al sur de Orcadas y la posible existencia de otra región análoga en longitud 140°W y latitud 70°S. Ambas cartas señalan la presencia de una circulación anticiclónica sobre el continente polar.

Fig. 4 — Líneas de corriente presiones relativas de circulación medias anuales

La figura 1, de los vientos resultantes de verano, señala una zona de convergencia sobre el Pacífico en latitud 35°S, entre los meridianos 130°W y 160°W. En los gráficos de distribución de tormentas eléctricas sobre el Pacífico, esa misma región aparece representada como una de mayor proporción de dicho tipo de fenómeno que las regiones oceánicas adyacentes.

Asimismo, otro detalle a notar es el de la mayor regularidad de los vientos durante el verano que en el invierno, en las latitudes templadas al sur de los 40°S. Esto puede verse a través de los valores del coeficiente de estabilidad que es mayor en el primer caso que en el segundo, en este último hay una serie de lugares con coeficientes menores de 0,10 y algunos otros en los cuales el viento tiene una componente del este. La razón de esto último puede ser atribuída a la menor latitud de las trayectorias de los ciclones polares, en el invierno. En el verano, lo más común en la región comprendida entre los 40°S y los 55°S es que el tránsito de los ciclones polares se manifieste por el pasaje de un frente frío solamente.

CUADRO I

Presiones y gradientes relativo sde circulación

Long.	Lat. 40°	Lat. 60°	Difer.	Gradiente	Vel. ms.
160° E	5,0	— 2,0	7,0mb	0,0058	2,4
120° W	5,0	— 1,0	6,0mb	0,0050	2,2
80° W	3,0	— 4,0	7,0mb	0,0058	2,4
40° W	2,1	– 8,5	10,6mb	0,0088	3,5

El cuadro I da las presiones y gradientes relativos de circulación entre las latitudes 40°S y 60°S a lo largo de varios meridianos. Además incluye la componente oeste de la velocidad del viento, en metros por segundo, que corresponde a cada gradiente. En lo que sigue, llamaremos índice circulatorio a la diferencia de presión entre los 40°S y los 60°S.

CAPÍTULO II

LOS MAXIMOS DE GRADIENTE LATITUDINAL DE LA PATAGONIA

La ocurrencia de los grandes gradientes latitudinales en la Patagonia, que dan lugar a los temporales de viento del oeste, puede ser motivada ya sea por una presión anormalmente elevada en latitudes entre 35°S y 40°S con valores normales en los 50°S a 55°S; o a la inversa, por el pasaje de ciclones polares que producen un marcado descenso de la presión en Tierra del Fuego, con valores aproximadamente normales en los 35°S.

El caso más frecuente es el último, esto es, que el fuerte gradiente latitudinal se deba a un marcado defecto de la presión en el sur más que a un exceso en el norte. El presente estudio se refiere, y ha sido hecho, no para ciclones que individualmente produjeran esta intensificación del gradiente, sino para fenómenos de esta índole de duración más prolongada, de unos 4 ó 5 días.

Se seleccionaron dos estaciones, Mar del Plata en los 38°S de latitud, y Río Gallegos en los 52°S. Se tomaron las diferencias diarias de presión barométrica entre ellas y se hizo la media móvil de 5 días, adjudicando esta última magnitud a la fecha media del período considerado. Este cálculo se realizó a intervalos de dos días entre sí, a fin de obtener un conveniente recubrimiento y valores

que al graficarse en una curva proporcionaran las fechas exactas en que los máximos de gradiente tenían lugar. Estos cálculos cubrieron un período de dos años, 1936 y 1939.

El motivo seguido para elegir esos dos años en particular obedeció a que el primero fué un año seco en la Argentina, mientras que el otro fué más bien lluvioso. Al asociar los distintos fenómenos meteorológicos que preceden, acompañan y siguen a los máximos gradientes latitudinales, en especial, precipitación y visibilidad, se presumió que la combinación de los resultados de esos dos años proporcionaría una característica media de las circunstancias asociadas al tipo de fenómeno que estudiamos.

Establecidas entonces las fechas de máximo gradiente latitudinal fué necesario estudiar qué evolución del campo barométrico precede y sigue a su ocurrencia, a fin de tratar de encontrar un método para predecirlo.

A tal fin se emplearon las siguientes estaciones meteorológicas en la investigación:

Sidney (Australia)
I. Norkolf (Australia)
Suva (Is. Fiji)
I. Chatam (Nueva Zelandia)
Rarotonga (Is. Cook)
I. de Pascua (Chile)
I. Juan Fernández (Chile)
Arica (Chile)
V. Mercedes (Argentina)
Río Gallegos (Argentina)
Posadas (Argentina)
Mar del Plata (Argentina)
Is. Orcadas (Antártica Argentina)
Little America (Antártica)

Primeramente se establecieron las fechas 0 (cero) en que se registraron máximos notables de gradiente latitudinal sobre la Patagonia, en la curva de la media móvil de cinco días. Para el estudio ulterior se eligió un intervalo de 16 días en lo precedente y de 12 en lo siguiente, a fin de estudiar la marcha de la presión en las estaciones citadas durante ese período que en total abarca 29 días. Cabe hacer notar que los valores que se dan en el cuadro II agregado son promedios de los años 1936 y 1939 (14 casos en cada

Cuadro II

Apartamientos de la presión, precedentes y siguientes al máximo de gradiente en la Patagonia. 1936 y 1939.

Fecha Australia	Sidney	Norfolk	Fiji	Chat-ham	Fecha América	Cook	Pascua	J. Fern.	Arica	V. Mer-cedes	R. Ga-llegos	Posadas	M. del Plata	Orcadas	L. Amé-rica	Lat. 60°S Long. 120°W
—8	—1,2	1,2	0,0	2,3	—9	—0,8	0,5	—1,4	—0,2	—0,5	1,4	—	0,5	2,5	—5,7	4,0
—7	—0,4	0,6	0,2	3,9	—8	0,2	0,6	—0,2	—0,2	—1,0	2,6	—1,3	—1,0	2,0	—5,5	6,0
—6	0,4	—2,0	—0,4	3,3	—7	0,7	0,2	0,0	—0,1	—0,2	5,0	—0,6	—1,0	2,4	—3,0	7,0
—5	0,6	—0,8	—0,6	0,8	—6	0,7	0,1	—0,2	0,0	0,8	6,6	1,0	—0,4	3,1	—0,2	6,0
—4	1,5	—2,0	—0,4	—3,0	—5	0,6	0,7	0,1	0,3	0,8	5,2	1,0	1,3	2,1	4,5	2,0
—3	1,0	—0,8	0,0	—7,5	—4	—0,2	1,4	0,9	0,2	0,6	4,0	—0,2	0,2	4,2	2,2	—2,0
—2	0,2	0,4	—0,2	—4,2	—3	—0,5	1,1	0,5	—0,2	2,4	3,4	0,7	1,8	4,2	2,7	—4,0
—1	—1,8	1,2	0,0	—3,5	—2	—0,2	0,8	0,2	—0,1	1,7	—2,6	2,0	3,0	3,6	5,1	—7,0
0	—1,1	1,0	0,3	—2,5	—1	—0,4	0,8	0,6	0,0	—0,2	—8,0	1,3	1,4	1,8	2,0	—10,0
1	0,8	0,4	0,3	—0,9	0	—0,2	0,0	0,2	—0,2	0,0	—8,9	0,6	1,6	—3,4	1,4	— 6,0
2	1,2	0,2	—0,2	—0,1	1	—0,2	—1,7	—0,1	—0,1	—1,1	—9,9	0,6	—0,6	—6,4	—0,7	— 5,0
3	0,2	1,2	0,4	1,6	2	—1,2	—2,2	—0,4	—0,2	—3,7	—5,6	0,0	—2,6	—6,0	1,1	— 1,0
4	0,4	0,8	0,5	3,0	3	0,5	—2,2	0,4	0,0	—2,8	—1,8	—1,5	—4,4	—3,8	—2,3	3,0
5	1,3	—0,8	0,6	1,4	4	0,4	—1,2	0,0	0,2	—0,8	0,3	—2,0	—0,3	—0,6	—3,2	2,0
6	—0,4	—1,4	0,0	2,6	5	0,6	—0,3	—0,8	0,2	0,4	—0,8	—1,7	0,4	—1,9	—1,5	2,0
7	1,2	—0,1	0,6	2,6	6	0,0	0,0	—0,7	—0,1	0,0	5,2	—1,4	—0,7	—0,6	—2,2	3,0
8	0,8	0,2	0,3	—1,0	7	0,3	0,0	—0,3	0,0	1,5	0,4	—1,1	0,9	0,8	—1,6	— 1,0
9	—2,0	0,4	—0,2	1,0	8	—0,2	0,8	0,1	0,0	1,8	1,7	0,5	0,8	—1,2	3,4	1,2
10	—2,6	—0,4	—0,2	0,5	9	0,1	0,2	0,0	0,1	1,0	2,0	1,6	0,4	0,2	4,0	0,7

año), con la excepción de la Isla de Pascua que corresponde a 1939 solamente y de Little America que es de 1934.

A los efectos de estudiar el comportamiento medio de la presión en cada estación, de las que sirven de base a este trabajo, se confeccionaron planillas en las cuales se anotaron los valores barométricos registrados cada día desde 16 días antes hasta 12 días después de cada uno de los máximos de gradiente latitudinal en la Patagonia. El promedio de los valores registrados 16 días antes del máximo de gradiente, 15 días antes, 14 días antes, etc., definió una curva que representa muy aproximadamente la evolución de la presión en cuanto ella está ligada al fenómeno que se considera.

Este cálculo fué hecho separadamente para cada uno de los años 1936 y 1939, a efectos de poder tener un término de comparación en la marcha de la presión ligada al máximo de gradiente latitudinal. El mero hecho de obtener una curva no tendría mayor significado desde que ello siempre resulta de una serie de valores, lo interesante era descubrir que ambas curvas, la de 1936 y la de 1939 tuvieran ondulaciones similares.

La comparación de ambas indicó que a partir de ciertas fechas anteriores a la cero, las marchas de las curvas de 1936 y 1939 comenzaba a ser análoga. En término medio puede estimarse que la evolución de la presión en las estaciones consideradas comienza a ser similar, en los dos años estudiados, unos 8 días antes del máximo de gradiente en la Patagonia y que sigue una evolución similar hasta unos 8 ó 10 días después. En detalle lo observado fué que las curvas de 1936 y 1939 comienzan a parecerse entre sí a partir de las siguientes fechas:

Sydney, desde 6 días antes
Norfolk, desde 8 días antes
Fiji, no hay similitud
Chatham, desde 9 días antes
Cook, no hay similitud
J. Fernández, desde 7 días antes
Arica, desde 8 días antes
V. Mercedes, desde 10 días antes
R. Gallegos, desde 8 días antes
Posadas, desde 10 días antes
Mar del Plata, desde 11 días antes
Orcadas, desde 4 días antes

El segundo paso del análisis consistió en buscar las áreas en las cuales la evolución de la presión que se observase fueran un mejor índice para prever la ocurrencia del máximo de gradiente, o en otras palabras, encontrar cuáles son las regiones más significativas o cuyas marchas barométricas influyen en grado mayor en la formación de esos máximos.

Para ello se tomó el intervalc comprendido entre 8 días antes (a partir del cual la mayor parte de las curvas comienzan a parecerse), y 10 días después. Se calculó la media del período para cada estación y se dedujeron los apartamientos de cada día.

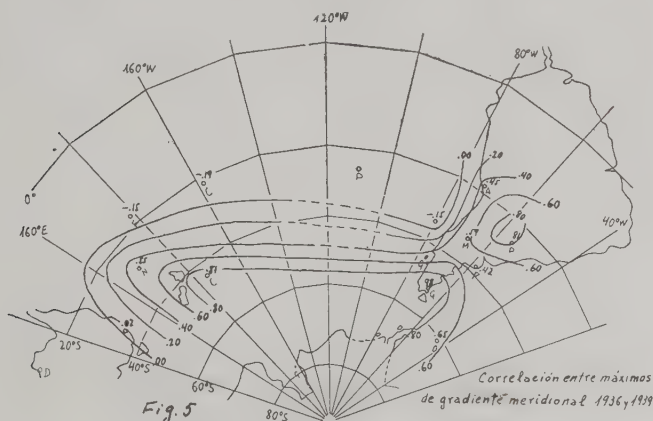


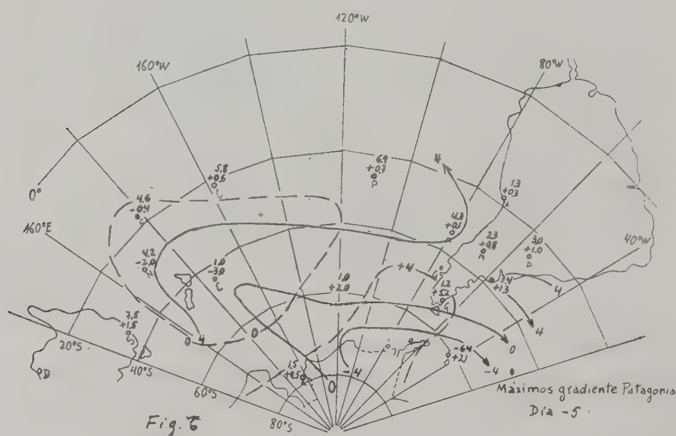
Fig. 5 Correlación entre máximos de gradiente meridional 1936 y 1939

El cálculo de correlación entre las curvas de 1936 y las de 1939, para determinar las arcas más significativas, se efectuó entre los días -8 y $+1$, a fin de que los coeficientes reflejaron solamente la relación correspondiente al génesis del máximo de gradiente. La figura 5 muestra la distribución de las curvas de isocoeficientes de correlación. Los valores negativos, que son pequeños por otra parte, debemos atribuirlos a puro azar por ausencia de correlación.

La curva de coeficiente cero delimita la región en que, por regla general, los fenómenos que dan lugar al máximo de gradiente ocurren. El centro de máxima acción, región donde la evolución media de las indicaciones del barómetro corresponden con mayor certidumbre a la ocurrencia del hecho que estudiamos, demora al oestesudoeste de Tierra del Fuego, en latitud 60°S y entre los meri-

dianos 80°W y 160°W. Sin embargo, las indicaciones de la Isla de Chatam son muy significativas, desde que su valor del coeficiente, 0,87, es suficientemente elevado y el mínimo barométrico del día — 4 (fecha de América) bien marcado. La combinación de esa información con la de Río Gallegos permitirá, al parecer, disponer un medio práctico para prever los máximos de gradiente latitudinal en la Patagonia (ver Cuadro II).

En el cuadro mencionado figuran los valores de los apartamientos de la presión con respecto a la media del período entre 9 días antes y 9 días después (fecha americana) a partir del máximo de gradiente latitudinal. En él puede notarse lo que ya se mencionó, esto es, que el mínimo barométrico en la isla de Chatam precede en 4 ó 5 días al mínimo de Río Gallegos (fig. 25). La magnitud del seno negativo de la isla mencionada es suficientemente grande como para ser empleado como factor de previsión.



Observando la figura 25 en la cual se han representado las oscilaciones de Sydney (35°S), Chatham (47°S) y Río Gallegos (52°S), puede verse que la región depresionaria no proviene del oeste sino que se genera en el Océano Pacífico en proximidades de I. Chatham, intensificándose al pasar un poco al este de dicha isla. Los apartamientos de Sydney no acusan el paso de un área depresionaria que se trasladase de oeste a este. Cabe hacer notar la notable opo-

sición de fase de las oscilaciones de la presión en Chatham y L. America (ver cuadro) entre los días -9 y $+7$.

Las figuras 6, 7 y 8 muestran tres momentos característicos de la evolución de la presión. La 6 da la situación del día -5 (día -4 para las fechas de Australia). El área de apartamientos positivos que a partir del día -8 fué incrementándose en el Pacífico (con centro aproximadamente en lat. 60°S y long. 120°W) para luego irse desplazando hacia el este, aparece centrada en los 60°S y 80°W, mientras que próximo a la isla de Chatam se expe-

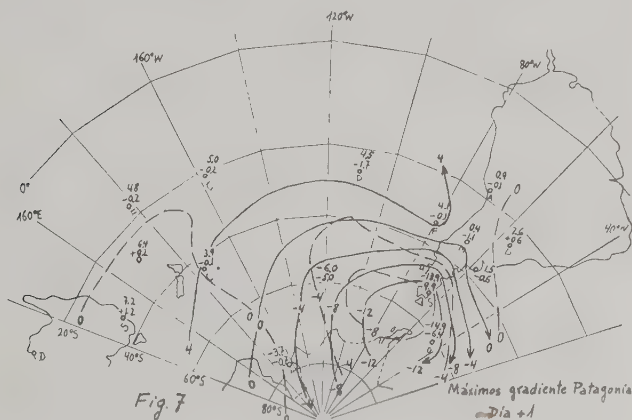


Fig. 7

rimenta un área negativa que aparentemente se genera en el sector occidental del Pacífico, bajando luego hacia el sureste. Durante los días -9 a -6 los apartamientos han sido negativos al sur de Little America. El día -5 el área positiva se extiende sobre toda la Antártida.

El día -2, fecha americana, el área positiva muerde la América del Sur desde el sureste, entre los paralelos 20°S y 40°S, mientras que el núcleo negativo está ubicado en los 60°S y longitud 130°W. El área positiva continúa dominando la Antártica y la negativa se ha corrido hacia el este desde la posición de la figura 6.

El aspecto barométrico del día $+1$ es mostrado en figura 7. El área de apartamientos en defecto está al sudoeste de Tierra del Fuego y su acción se deja sentir sobre la región oriental del An-

tártico, mientras que al sudoeste de Nueva Zelandia se registra una zona de exceso barométrico.

Entre los días + 1 y + 6, la región depresionaria se traslada hacia el ENE, en tanto que el área positiva, terminada su emergencia al parecer de la zona polar al SSE de Australia, ocupa el Pacífico austral. En la figura 8 se muestra la situación del día + 6, el área positiva presenta una región de mayor exceso muy próxima al extremo meridional de Sud América. La introducción de estos apartamientos sobre el campo circulatorio normal del aire dan una componente sur en la circulación sobre la Patagonia.

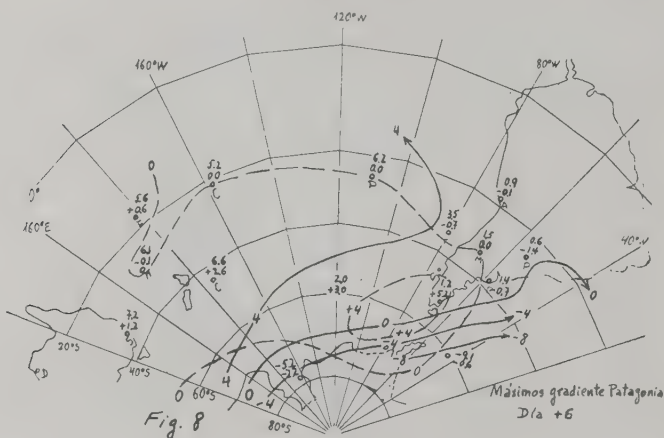


Fig. 8

En las figuras 6, 7 y 8, las líneas de trazos indican apartamientos con respecto a la presión media, mientras que las llenas señalan líneas de corriente. Los números de arriba son presiones relativas de circulación, los de abajo apartamientos.

Estas líneas de corriente han sido deducidas de la suma del apartamiento de cada estación y de la presión relativa de circulación del aire obtenidas en el capítulo I. Han sido trazadas de 4 en 4 milibares.

La reconstrucción de las cartas, día por día, desde el — 9 hasta el octavo día después del máximo de gradiente y el graficado de las correspondientes líneas de corriente, permite obtener una visión dinámica de la generación y evolución de los fenómenos que preceden y siguen al máximo mencionado. En cuanto a los valores de

apartamientos de la presión en lat. 60°S, long. 120°W, ellos han sido deducidos de las cartas de isoapartamientos.

La descripción de la circulación del aire en superficie entre los días — 9 y + 6 (fechas de América) es como sigue:

Día — 9: El centro de A.P. (alta presión) se encuentra en el sector oeste del Pacífico Sur, alimentado por el descenso de aire superior que da dos líneas de corriente, una que alimenta los alisios y otra que se encorva hacia el sur, pasando entre I. Norfolk y Sydney y luego hacia el este para soplar del sudoeste en el centro del océano. En esta región la circulación es moderada, intensificándose algo al aproximarse a Sud América. Hay tres líneas de corriente, 6, 4 y 2, que entran hacia los trópicos, convirtiéndose después en alisios. En el Atlántico Occidental el aire sopla del oeste. En el Pacífico la circulación de occidente es fuerte en la región circumpolar.

Día — 8: La morfología del día anterior se conserva en rasgos generales, salvo que ahora toda la mitad occidental del Pacífico está ocupada, entre los 30°S y los 60°S, por el anticiclón. Los vientos del oeste en el Atlántico han disminuído algo en fuerza. Al sur de los 50°S y entre las longitudes 60°W y los 90°W el aire sopla del suroeste con bastante fuerza.

Día — 7: La A. P. del Pacífico ocupa el centro del Océano entre los 20°S y los 60°S. En las vecindades de la isla Norfolk se insinúa una circulación ciclónica. En el Antártico, Pacífico oriental y en el Atlántico la circulación es análoga a la del día anterior.

Día — 6: La circulación ciclónica mencionada se ha intensificado algo y da lugar a una incurvación depresionaria en la línea de corriente 4 que pasa un poco al sur de la I. Chatm. La A. P. del Pacífico está en el centro del océano y sobre Australia se insinúa otro anticiclón. Los alisios son alimentados por: una línea 6 que contornea Australia; otra de valor también 6 que pasa ligeramente al este de la isla de Pascua; la línea 4 que viene del sur y la 2 que proviene del Brasil cruzando el Pacífico por el sur de Arica. La circulación del suroeste es débil en el Pacífico oriental y más o menos igual que el día precedente entre la Patagonia y las Orcadas.

Día — 5 (ver figura 6): El «valle» ciclónico del Pacífico occidental se ha intensificado y la A. P. está centrada sobre la I. de Pascua habiendo decrecido mucho en extensión. La alimentación de

los alisios es como en el día anterior. Los vientos sobre la Patagonia son del oeste y débiles. En cambio son más intensos y del WSW en el Atlántico, a lo largo del meridiano 50°W, entre los paralelos 40°S y los 60°S. El aire corre desde el SSE en la región del mar de Ross.

Día 4: El seno depresionario del Pacífico ha continuado profundizándose, la línea — 4 pasa próxima a Chatam. La circulación es del sur entre dicha isla y Australia, soplando con una velocidad de 3 m/s. En el resto del Pacífico entre los 30°S y los 60°S son del oeste, de intensidad normal. El área anticiclónica está muy al norte, arriba de la isla de Pascua y es pequeña. Una línea de corriente 2 cruza del Atlántico, en los 30°S, para incorporarse a los alisios del Pacífico.

Día — 3: La morfología general del día anterior se conserva, pero el seno ciclónico se ha corrido algo hacia el este. Su centro parece estar en lat. 65°S, log. 130°W. Los vientos del oeste en el Atlántico han aumentado en fuerza. La circulación es del sureste en el Antártico occidental.

Día — 2: En la mitad oriental del Pacífico Sur el viento del oeste es fuerte. En la mitad occidental son del sudoeste y algo más suaves. La depresión está ubicada con su centro en lat. 65°S, long. 90°W. En el Atlántico, a lo largo del meridiano 60°W, entre los 40°S y los 60°S, la circulación es muy fuerte del noroeste. En el Océano Pacífico se notan dos zonas anticiclónicas, una próxima a la I. Norfolk, y otra cerca de la I. de Pascua. En el Antártico, entre meridianos 80°W y 140°W el aire sopla del SE con bastante intensidad.

Día — 1: El seno ciclónico está en lat. 60°S, long. 80°W. Los vientos son moderados del SW en la sección occidental del Pacífico y muy fuertes del WSW y W en la parte oriental. A lo largo del meridiano 60°W el aire sopla del noroeste con mayor intensidad que en el día anterior. En el Antártico, al oeste de los 100°W, la circulación continúa del sudeste.

Día 0: La depresión está en lat. 60°S, long. 70°W. El área de A. P. del oeste parece ocupar parte de Australia y el mar hasta el meridiano 180°. La circulación es del SW y WSW en el Pacífico y del NW y WNW en el Atlántico occidental, muy intensa en ambas regiones.

Día +1 (ver figura 7): El seno ciclónico está en lat. 60°S, long. 60°W. Los vientos del NW a lo largo del meridiano 60°W son muy fuertes. La línea −14 pasa por Río Gallegos y Orcadas. La circulación en el Antártico es del sur e intensa.

Día +2: La depresión está en lat. 62°S y long. 50°W. La corriente de aire del SW ha comenzado a invadir la Patagonia con fuerza. A lo largo del paralelo 60°S en la mitad oriental del Pacífico los vientos son del sur y algo más moderados; sobre el meridiano 60°W todavía se experimentan vientos violentos del NW. En el Pacífico las áreas anticiclónicas han aumentado de superficie y tienden a influenciar latitudes más meridionales, una está sobre I. Norfolk y la otra al sur de Pascua.

Día +3: Toda la Patagonia es barrida por fuertes corrientes de aire desde el sudoeste que provienen del borde del continente polar. La depresión ha pasado al oriente de Orcadas. Casi todo el Pacífico está ocupado por las dos áreas de A. P. mencionadas y el flujo es del oeste en la mitad occidental del círculo polar.

Día +4: En el Pacífico suroriental los vientos son del sur, mientras que en el Atlántico soplan del sudoeste. En el resto del Pacífico la circulación general es casi cero.

Día +5: Ambas áreas de A. P. del Pacífico se han unido, teniendo su centro en lat. 40°S y long. 140°W. Sobre el Río de la Plata aparece un pequeño anticiclón cuya línea de corriente es 2. La circulación del SW del Pacífico suroriental es más fuerte y la del W y SW sobre el Atlántico también se va incrementando.

Día +6 (ver figura 8): La situación general del día anterior se mantiene, pero habiendo disminuído la corriente del SW en el Pacífico. En el Atlántico soplan vientos violentos del SW de origen polar.

El análisis del flujo general de la atmósfera en superficie, ligado con la generación de los máximos de gradiente latitudinal en la Patagonia, puede resumirse así: a partir del día −9 un paulatino extendimiento del área de alta presión por sobre el océano hasta la latitud 60°S y una disminución en la intensidad general de las corrientes de aire. El día −6 el anticiclón se divide en dos, apareciendo una incurvación ciclónica de las líneas de corriente en las latitudes próximas a los 60°S, a la altura del meridiano de la isla de Chatam. Este seno ciclónico se intensifica en los días siguientes, incrementando el flujo del aire del oeste en la sección

templada del Hemisferio Sur. El área depresionaria comienza su desplazamiento hacia el este, aumentando la fuerza de los vientos en las regiones templadas vecinas a la América del Sur, que culminan entre los días 0 y + 1. El paso siguiente es el aumento de extensión de las dos céludas anticiclónicas del Pacífico que se unen finalmente el día + 5 y el flujo de las corrientes de aire del sudoeste desde el continente antártico que comienzan el día + 3 sobre la Patagonia y que se prolonga hasta el día + 6.

Las oscilaciones de la presión en los días que siguen al + 6, no muestran ningún gran sistema en marcha y la correspondiente circulación del aire es aproximadamente la normal del Hemisferio, es decir, que los fenómenos que siguen al máximo de gradiente parecen terminar el día + 6.

Si consideramos que los ciclones polares se producen normalmente en « trenes », la interpretación a dar a ese gran seno depresionario que nos muestran las cartas es el de que representa la zona media del tren de ciclones. El tren ciclónico se generaría entonces al sur y sudeste de isla Chatham, y luego desplazaría hacia el este. El fenómeno característico que lo precede es el gran extendimiento del anticiclón del Pacífico y su subsiguiente división en dos células.

Capítulo III

LOS MINIMOS DE GRADIENTE LATITUDINAL DE LA PATAGONIA

Este estudio es el del caso opuesto al anterior, sobre máximos de gradiente latitudinal. En este se trata de mínimos, su significado físico es el de la ocurrencia de casi calmas o de vientos con componente del este sobre la Patagonia.

Análogamente al caso anterior, el mínimo de gradiente puede deberse, ya sea a presiones altas en el extremo sur de la Patagonia, o bien a un valor desusadamente bajo de la presión entre los 35°S a 40°S. Los resultados de nuestra investigación muestran que las circunstancias en que ocurren los mínimos de gradiente latitudinal en la Patagonia son una combinación de ambas causas, esto es, apartamientos positivos en el sur y negativos, aunque no demasiado pronunciados, en el norte.

De los valores de la media móvil de 5 días de las diferencias de presión entre Mar del Plata y Río Gallegos, que sirvieron para el

capítulo anterior, se seleccionaron los mínimos de gradiente, mínimos que alcanzaron un valor cero o negativo. Se eligieron 7 mínimos en 1936 y 11 en 1939. Las fechas son como sigue:

1936: Feb. 8, Marzo 1, Mayo 27, Ago. 6, Ago. 20, Oct. 7, y Oct. 31.
1939: Ene. 11, Ene. 31, Abr. 27, Mayo 22, Junio 24, Julio 20, Ago. 19, Sept. 27, Nov. 11, Dic. 3 y Dic. 25.

El procedimiento adoptado para analizar la evolución precedente y siguiente, es similar al que se siguió en el capítulo que antecede, esto es, anotar las presiones diarias a partir de la fecha del mínimo desde 12 días antes hasta 9 días después. Se promedió por columnas, obteniéndose los valores medios de los días — 12, — 11, — 10... hasta el noveno posterior, y determinándose los apartamientos con respecto a la media de 1936 y de 1939.

El paso siguiente consistió en graficar las curvas de los apartamientos y determinar las fechas en las cuales, para cada estación, la curva de 1936 comenzaba a parecerse a la de 1939.

Los resultados fueron como sigue:

Sidney: a partir del día —8
Norfolk: no hay similitud
Fiji: a partir del día — 7
Chatham: no hay similitud
Cook: a partir del día — 6
J. Fernández: a partir del día — 9
Arica: a partir del día — 12
R. Gallegos: a partir del día — 11
V. Mercedes: a partir del día — 9
Posadas: a partir del día — 6
Mar del Plata: vaga similitud
Orcadas: no hay similitud.

Teniendo en cuenta que la fecha — 8 es la mediana del comienzo del parecido de las curvas, en las estaciones en las cuales tal cosa se observa, se eligió el intervalo comprendido entre los días — 8 y + 1 para efectuar un cálculo de correlación entre las series de valores de 1936 y 1939, a fin de determinar las áreas de gestación de los mínimos de gradiente latitudinal en la Patagonia. Los resulta-

dos de esos cálculos y las líneas de isocoeficientes que definen dichas áreas pueden verse en la figura 9.

En este caso no fué posible, como en el de la figura 5, obtener una representación definidamente completa que cubriera todo el sector de hemisferio en estudio. Los coeficientes negativos que dan Chatham y Norfolk previenen tal cosa y en la figura pueden verse dos áreas « favorecidas », una en la parte austral de América del Sur, y otra en el oeste tropical y subtropical del Pacífico.

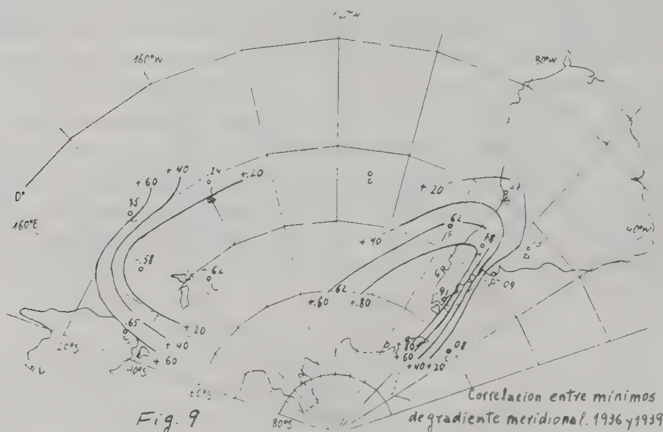


Fig. 9 — Correlacion entre mínimos de gradiente meridional. 1936 y 1939

La explicación de la primera de estas áreas « favorecidas » es relativamente sencilla, ya que en esa zona es donde se manifiesta el mínimo de gradiente y la evolución similar de la presión en 1936 y 1939, desde 8 días antes, es el resultado de una serie de fenómenos que conducen a la determinación de dicho mínimo. La otra área no está ligada directamente al fenómeno. En el presente estado de nuestros conocimientos no nos es posible indicar las razones de tal evolución, quizás exista una ligazón, mediante transporte de aire superior, entre la evolución de la presión en esas estaciones y la ocurrencia de un núcleo de apartamientos positivos en el extremo sur de América, o lo que nos parece más probable, que se deba a una casualidad, ya que a poca distancia está Norfolk cuyo coeficiente, negativo y relativamente grande, indica una marcha opuesta en 1936 a la de 1939.

CUADRO III

Apartamientos de la presión, precedentes y siguientes al mínimo de gradiente en la Patagonia. 1936 y 1939

Fecha Australia	Sidney	Norfolk	Fiji	Chatham	Fecha América	Cook	Pascua	J. Fern.	Arica	V. Mercedes	R. Gallegos	Posadas	M. del Plata	Orcadas	L. América	Lat. 60°S Long. 120°W
—7	—0,9	—1,3	0,8	0,7	—8	0,2	0,5	1,1	0,0	0,7	—2,8	—0,4	—0,6	—0,7	0,2	—3,0
—6	—0,6	0,0	0,4	—0,3	—7	—0,7	—0,4	—0,7	0,4	—0,5	—3,1	—0,1	1,3	—7,4	—1,1	—4,0
—5	1,1	—0,5	0,4	1,1	—6	0,8	—1,6	—1,0	0,5	—1,9	—8,2	—0,3	—0,4	0,8	0,5	—6,0
—4	0,4	0,0	—0,1	2,5	—5	0,9	—1,4	—0,4	—0,1	—2,7	—7,3	—1,0	—3,1	—1,5	—0,1	—3,0
—3	—0,6	0,2	—0,1	2,2	—4	0,1	—1,1	—1,1	—0,3	—3,1	—4,5	—1,4	—2,2	—2,4	—1,9	0,0
—2	—1,9	—1,1	—0,1	1,7	—3	—0,4	—0,7	—1,2	—0,1	—1,9	—3,7	—1,5	—1,5	—2,0	1,3	1,0
—1	0,1	0,7	0,1	0,4	—2	0,6	—0,9	—0,9	0,3	—2,9	2,3	—1,8	—1,9	—2,0	2,2	3,0
0	—0,3	0,3	—0,1	0,6	—1	—0,8	0,0	1,2	0,2	—0,4	4,5	—2,2	—1,7	—1,5	—0,1	4,0
1	—0,6	0,3	—0,1	0,1	0	—0,3	1,2	2,1	0,0	0,8	10,9	—3,0	—4,9	—1,3	—2,0	2,0
2	—1,1	0,3	—0,2	—0,6	1	—0,4	0,9	1,4	0,0	4,9	8,9	0,2	—0,1	1,0	—0,4	3,0
3	—0,3	1,5	—0,5	1,3	2	—0,4	0,8	0,3	0,0	5,3	8,5	3,9	4,0	1,0	0,5	1,0
4	0,1	—1,1	—0,7	—0,8	3	—0,4	0,2	—0,4	0,4	1,8	4,9	4,4	4,3	3,2	—1,2	0,0
5	0,1	—0,3	—0,4	—1,3	4	0,5	0,4	0,3	—0,1	0,9	2,6	2,2	3,1	5,5	—0,4	—1,5
6	2,1	0,6	0,1	—0,8	5	0,5	0,8	—0,4	—0,3	1,7	—1,4	1,7	3,1	3,3	1,8	—4,0
7	2,5	2,5	0,0	—3,8	6	0,3	0,4	—0,7	0,2	—1,6	—8,0	0,8	0,2	1,8	0,9	—6,0

Las anomalías de la presión, entre los días -8 y $+6$ que da el Cuadro III no son el promedio de las anomalías de 1936 y 1939, sino (para cada día):

$$\frac{\Sigma PP_{1936} + \Sigma PP_{1939}}{N_t} - PP_m$$

N_t: número total de observaciones en los dos años.

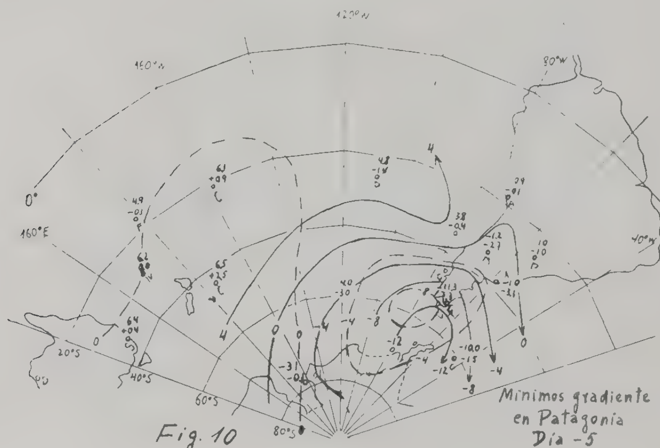


Fig. 10

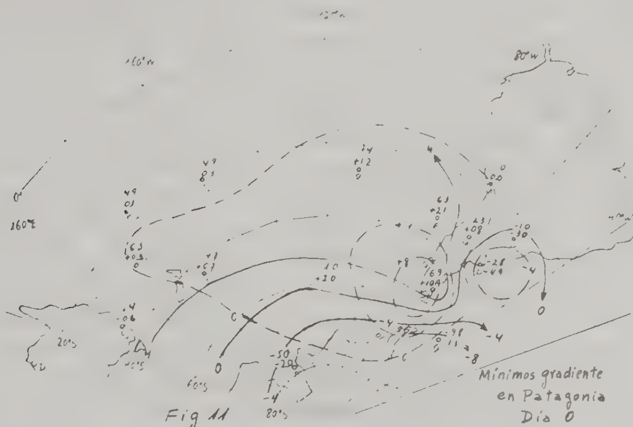
Las figuras 10, 11 y 12 muestran tres momentos característicos de los fenómenos que preceden y siguen a los mínimos de gradiente latitudinal. Las líneas de trazos representan isoapartamientos de la presión y las llenas, líneas de corriente. Los números escritos al costado de cada estación significan: el superior, la presión relativa de circulación (P. r. c.) y el inferior la anomalía barométrica (A_p), en forma tal que

$$\text{P. r. c.} = \text{P. r. c. m.} + A_p \quad \text{en donde}$$

P. r. c. m.: presión relativa de circulación media, obtenida de la figura 4.

La evolución de las áreas de anomalías y su marcha puede resumirse brevemente en la forma que sigue: El día -8 (fechas americanas) presenta presiones casi normales en todo el sector del he-

misferio que la carta abarca, menos en la región sudoriental del Pacífico, en la cual existe un área ligeramente negativa. Durante los días — 7 y — 6 esta área se corre hacia el este intensificándose. En los días — 5 (ver figura 10) y — 4, la zona de defecto se sitúa al sur de Tierra de Fuego, mientras que sobre la isla Chatham y en las aguas que se extienden al sudeste de ella aparece un núcleo positivo de pequeña intensidad.



En los días — 3 y — 2 este núcleo positivo con su centro moviéndose sobre el círculo polar, se desplaza hacia el este, mordiendo el sur de la Patagonia. El área negativa continúa disminuyendo de intensidad y se subdivide en dos, una que el día — 2 aparece ubicada en la región central argentina, y otra que se aleja hacia el oriente. El día — 1 el área positiva comienza a incrementarse y a moverse hacia el noreste, mientras que la negativa que se encontraba en la región central argentina, está colocada ahora en Posadas, sin haber variado mayormente en magnitud. En el día 0 (figura 11), el área depresionaria se encuentra un poco al este del Río de la Plata. La zona de alta presión que es ya intensa está sobre el extremo sur de América. Como resultado de ello los vientos en la costa Patagónica tienen una componente del este y se manifiesta una circulación ciclónica sobre la provincia de Buenos Aires y el Uruguay.

En los días que siguen, 1 y 2, la zona de defecto se corre hacia el ESE, y la positiva invade la Argentina y Chile desde el Sur, desplazándose lentamente hacia el este durante los días 3, 4 y 5. En este último comienza a manifestarse en el sur del Pacífico central y en su parte sudoriental un área depresionaria que, el día 5 (figura 12), se encuentra en el centro del Pacífico. Al día siguiente aparece al sudoeste de Tierra de Fuego notablemente intensificada.

Cabe hacer notar que, con la excepción del área ligeramente positiva que se manifiesta en el Pacífico sudoccidental entre los días

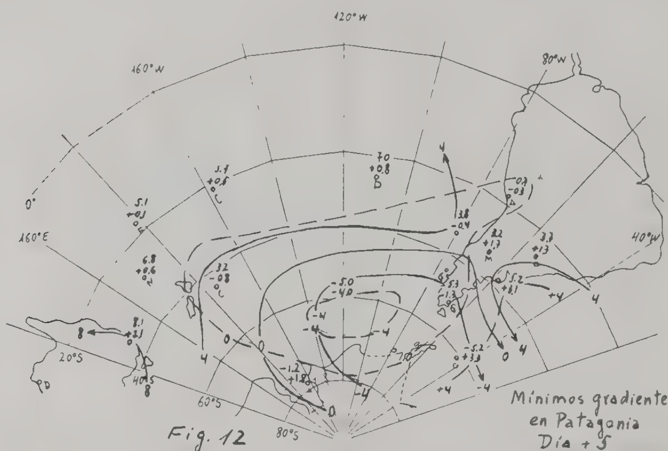


Fig. 12

— 5 y — 3, esta región, así como la central, no presentan ni oscilaciones pronunciadas en la presión ni grandes sistemas en desarrollo o marcha.

Lo observado indica que la región, en la cual se generan los fenómenos que dan lugar al mínimo de gradiente latitudinal, en la Patagonia, está comprendida entre los meridianos 60°W y 120°W, y al sur de los 50°S[2], con excepción de la evolución subsiguiente del área negativa que aparece sobre la región central argentina el día — 2, la cual es un desprendimiento del sistema depresionario que pasó por el sur entre los días — 7 y — 3. Esto contribuye a restar importancia a las regiones de correlación positiva encontradas en la parte occidental del Pacífico.

Si consideramos ahora la distribución de las líneas de corriente, el día — 8 presenta una circulación del oeste marcadamente inferior a la normal en el Pacífico sudoccidental, normal en los 120° W de longitud, superior a la media en la región sudoriental y normal en el Atlántico. La curvatura de las líneas indican dos « valles », uno sobre la Patagonia, y otro en el centro del Pacífico Austral. Al día siguiente, el — 7, el valle del este ha pasado al Atlántico, en el cual la circulación es mucho más intensa que lo normal, mientras que el valle del oeste tiende a aproximarse a la costa sudamericana.

Día — 6: La circulación del oeste en el sudoeste del Pacífico continúa siendo débil, es casi normal en el céntro, es doble que la media en la zona sudeste y casi normal en el Atlántico. Un núcleo ciclónico demora al SSW de Tierra del Fuego y la incurvación depresionaria de las líneas de corriente persiste en el Pacífico central.

Día —5 (figura 10): La situación se parece a la del día anterior y la depresión continúa desplazándose hacia el este. En la mitad oriental del Pacífico hay un marcado flujo de aire polar.

Día — 4: La incurvación ciclónica de las líneas de corriente en el Pacífico central sur tiende a disminuir, la circulación del oeste sigue siendo inferior a la media en el occidente del citado océano, casi normal en los 120°W y en los 80°W y algo superior a lo común en el Atlántico. Las corrientes de aire son del SW en el Pacífico y del NW en el Atlántico. El valle que el día anterior comenzaba a formarse sobre la Argentina se ha pronunciado más.

Día — 3: Se mantiene aproximadamente la morfología de la circulación general.

Día — 2: La circulación del aire sobre todo el Océano Pacífico ha disminuído fuertemente y es muy inferior a la media. En el centro argentino se evidencia una circulación ciclónica casi cerrada mientras el « valle » polar ha pasado a oriente de las Orcadas. La circulación del oeste a lo largo del meridiano 40°W es casi normal, mientras se registra flujo de aire polar en el estrecho de Drake.

Día — 1: La situación en el Pacífico continúa siendo igual, pero la circulación del oeste tiende a crecer, en el Atlántico las corrientes son del sur de una velocidad de unos 5 m/s. La circulación ciclónica del centro argentino se ha corrido al sur del Brasil.

Día 0 (figura 11): Hay un notable aumento circulatorio en el

Pacífico oriental, al sur de los 50°S. El aire se mueve del SW entre Gallegos y Orcadas con velocidad muy superior a la media, sobre la costa patagónica la circulación es del SSE del orden de los 6 m/s. El núcleo ciclónico demora al este del Río de la Plata y se ha intensificado.

Día +1: Aunque la distribución general de las líneas de corriente es similar al día anterior, la circulación del oeste se debilitó en el Pacífico, la velocidad del aire que viene del SW ha disminuído entre Río Gallegos y Orcadas y el centro ciclónico se ha corrido al oriente de su posición anterior. El hecho nuevo que aparece es un centro anticiclónico sobre la región mediterránea y andina argentina (isolínea de valor 6). En el Pacífico sudoccidental se evidencia una incurvación ciclónica de las líneas de corriente (línea 4).

Día +2: El anticiclón argentino se ha dilatado y se desplaza al este. La incurvación ciclónica del Pacífico es ahora más pronuncida y continúa el flujo del SW sobre el Atlántico occidental. La circulación del oeste en el Pacífico central tiende a aumentar.

Día +3: El anticiclón ha pasado a las costas del sur del Brasil. La afluencia del aire del Atlántico al Pacífico ha cesado y la circulación general tiende a regularizarse. El « valle » del Pacífico sudoeste marcha hacia el oriente.

Día 4: El anticiclón ha pasado al Atlántico. La depresión del Pacífico sigue moviéndose hacia el este e intensificándose; sobre la Argentina comienza a insinuarse un « valle ».

Día +5 (figura 12): La circulación del oeste en el Pacífico se ha intensificado con respecto al día anterior y el « valle » depresionario sobre la Patagonia es más marcado. Las corrientes son del SW en la mitad occidental del Pacífico sur, del suroeste en su mitad oriental y del noroeste sobre el Atlántico.

Día +6: Un centro ciclónico intenso demora al SW de Tierra del Fuego. El índice circulatorio en el centro y este del Pacífico es muy superior al normal. La incurvación ciclónica de las líneas de corriente en las zonas que rodean a la isla de Chatham es ahora más intensa.

A través de toda la descripción anterior pueden verse tres hechos sobresalientes: uno, que el mínimo de gradiente latitudinal en la Patagonia va acompañado de fuertes corrientes del sur y de un área ciclónica sobre el Río de la Plata; el segundo que el mínimo

de gradiente es el punto medio en el intervalo entre dos máximos, el primero que ocurre 6 días antes y el otro 6 días después, ambos de aproximadamente igual y grande intensidad. El tercer hecho es que aun cuando el área positiva de la presión que da lugar al mínimo parece avanzar desde el oeste, solamente al llegar a Sud América se intensifica y cobra suficiente importancia como para producir el fenómeno que consideramos (esto probablemente es debido al flujo de aire polar, que ocurre desde el sur y suroeste de la Tierra del Fuego, entre los días — 5 y — 2).

Un cuarto detalle es el de la débil circulación en el Pacífico en general, en los 3 días que preceden al mínimo de gradiente latitudinal.

Sin embargo, nos parece a nosotros que el detalle más importante, desde el punto de vista de la previsión de la circulación sobre la Patagonia, es el de que el mínimo latitudinal es punto medio entre dos máximos. Los apartamientos de la presión en Gallegos llegan, en ambos, a una magnitud de 8 milibares bajo la normal.

Las figuras 25 y 26 muestran la evolución comparada de la presión en Río Gallegos para los casos de máximos y mínimos de gradiente latitudinal. El máximo de apartamientos de la presión, de la curva obtenida en base a los mínimos de gradiente, ha sido dibujado en consonancia con el máximo de apartamiento que precede a los grandes gradientes longitudinales (curva obtenida en base a los máximos de gradiente en la Patagonia).

La interpretación física del núcleo positivo que da lugar al mínimo de gradiente patagónico y a la sudestada en el Río de la Plata, es la presencia de aire más denso sobre el sur de la Argentina, es decir, aire más frío, aire polar. Las corrientes de aire a la derecha de este núcleo son del sur, se trata de aire polar que avanza hacia el norte, encontrando en su camino aguas que son cada vez más templadas que las de la zona de origen del aire. Esta circunstancia permite prever chubascos de inestabilidad a lo largo de la costa en los días 0 y + 1. En estas fechas también pueden preverse chubascos en el estrecho de Drake por convergencia ocasionada por el estrechamiento de las distancias entre las líneas de corriente (ver figura 11). Los chubascos de inestabilidad a lo largo de la costa patagónica deben ser más intensos a medida que el aire abandona las regiones en que el control anticiclónico es más efectivo, para aproximarse a la zona

ciclónica que demora al este del Río de la Plata. Por lo tanto los chubascos serán más frecuentes e intensos en las costas de Buenos Aires que en las de Santa Cruz.

En el caso de las corrientes de aire del SW que se producen a continuación de una zona depresionaria, debe observarse que las líneas de corriente cruzan la cordillera de los Andes, siendo sometidas a condensaciones orográficas que producen lluvias en el sur de Chile y por lo tanto derraman sobre la Patagonia Argentina y costas de Buenos Aires aire secado. En este caso la influencia térmica del mar es contrarrestada por la falta de humedad y los chubascos son menos frecuentes y fuertes, aun cuando la velocidad del viento pueda ser grande.

Capítulo IV

ANALISIS DE LA CIRCULACION ATMOSFERICA EN ENERO Y FEBRERO Y EN AGOSTO Y SEPTIEMBRE DE 1939

Los dos capítulos anteriores fueron un estudio estadístico-dinámico de dos situaciones extremas características de la circulación del aire en superficie sobre la Patagonia. De ellas pudieron obtenerse una serie de conclusiones que eventualmente podrán servir para previsión.

Sin embargo, es necesario además efectuar un estudio sinóptico de la evolución de la circulación tal cual se presenta en las cartas diarias. A este efecto se seleccionaron cuatro meses de 1939, dos de verano y dos de fin de invierno. Es evidente que un estudio completo de los datos de que se dispone permitiría obtener conclusiones más exactas, pero el volumen de trabajo que ello representa, el tiempo de que dispuso el autor y sus obligaciones, le han impedido analizar un período mayor. A pesar de esto, se estima que los resultados alcanzados son suficientemente aproximados y que la realidad no estará muy lejos de ellos.

Los meses de verano estudiados fueron enero y febrero de 1939 y los de fin del invierno, agosto y septiembre, del mismo año. El estudio abarca todo el sector oceánico comprendido entre América del Sur y Australia y la parte occidental del Atlántico.

Este sector comprende una superficie suficientemente extendida como para estudiar la marcha y evolución de las perturbaciones atmosféricas por intervalos de tiempo que oscilan entre 6 y 10 días.

Conviene hacer notar que en los Estados Unidos, en los últimos 6 años, se ha desarrollado un método de pronóstico a largo plazo (5 días en avance) que utiliza los índices circulatorios, ciertas reglas de « blocking », los extendimientos, retracciones y divisiones de los centros de acción, etc. En este método la carta de 3050 m (10.000 pies) es prácticamente la volumna vertebral del proceso y a ella se aplican las consideraciones que permiten determinar su aspecto futuro. Con esta carta prevista se pasa luego a la de superficie. En rigor el método no es tan simple y emplea otros elementos de control, pero el factor básico es la carta de 10.000 pies.

En nuestro caso particular no es posible emplearla por carencia de observaciones completas a dicha altura, pero quizás sea factible que mediante un método apropiado pueda calcularse con suficiente exactitud el valor de la presión al nivel citado. Los procedimientos indicados por J. Namias en el número de mayo de 1944, y F. K. Davis en el de mayo de 1945, del « Bulletin of the American Meteorological Society », parecen ser adecuados.

El proceso sugerido no ha sido ensayado en el presente trabajo pero parece ofrecer buenas perspectivas.

Aquí surge también, y en mayor grado, el inconveniente que introduce la carencia de observaciones meteorológicas en el Pacífico central sur. Esta dificultad planteó la necesidad de elegir un punto gográfico entre la isla de Chatam, situada al este de Nueva Zelandia, y la Tierra del Fuego, y deducir en base a la forma de las áreas barométricas la presión correspondiente a dicho punto geográfico situado en latitud 60°S y longitud 120°W, próximo al lugar en que se encuentra la isla Dougherty.

En el caso de cálculo de la presión a 3000 metros en ese punto, la ignorancia de la temperatura introduciría otro factor de incertidumbre más.

El análisis de la circulación atmosférica en el sector de Hemisferio Sur comprendido entre los meridianos 40°W-180°-160°E, que este trabajo presenta fué realizado utilizando como dato básico la presión al nivel del mar. Se calcularon las medias móviles de 5 días en las siguientes estaciones: Sydney, I. Norfolk, Is. Fiji, I. Chatham, Is. Cook, I. de Pascua, I. Juan Fernández, Villa Mercedes, Río Gallegos, Posadas, Mar del Plata e Is. Orcadas. Estas medias móviles fueron determinadas de dos en dos días a fin de asegurar un buen recubrimiento entre ellas, atribuyendo el valor obtenido a la fecha central de la media.

El segundo paso consistió en determinar el apartamiento de estas medias móviles con respecto a la presión media, para lo cual se calculó la presión media de los períodos enero-febrero y agosto-septiembre, haciéndose las diferencias con la serie de medias móviles.

Los apartamientos fueron graficados en cartas de proyección cónica bisectante que abarcan el sector de hemisferio en estudio y se dibujaron las líneas de isoapartamientos de 4 en 4 milibares. Estos dibujos fueron comparados entre sí a fin de obtener un cuadro congruente de un día otro y calcular en forma aproximada el valor del apartamiento en el punto de latitud 60°S y longitud 120°W. Este último lugar geográfico es necesario para poder trazar las líneas de corriente en el sur, las de variación de la presión en 4 días y las de tendencias en 48 horas.

Los valores atribuídos a dicho punto son necesariamente aproximados, pero la experiencia posterior, al trabajar con las cartas, muestra que las magnitudes asignadas no están afectadas de errores tan serios como para falsear las deducciones.

A continución se dibujaron las cartas de variaciones en 4 días, haciendo las diferencias entre las medias móviles de cada estación y trazando después las isolabaras. En esta forma se tuvo una visión gráfica de los núcleos de variación y de su desplazamiento.

El siguiente paso consistió en el cálculo de las tendencias en 48 horas (24 horas atrás y 24 adelante de la carta actual) por medio del método de las diferencias numéricas que se describe más adelante.

Determinación del índice circulatorio. — El índice circulatorio de los vientos del oeste en la región templada es, como ya se explicó, el número de líneas de corriente que cortan a los meridianos.

Su determinación, en el presente trabajo, se efectuó haciendo la diferencia del promedio de la suma de las presiones de circulación observadas sobre el paralelo 40°S, en sus interseccions con los meridianos a intervalos de 20° en 20° de longitud, menos el promedio de la suma de las presiones de circulación observadas sobre el paralelo 60°S, en sus intersecciones con los meridianos a intervalos de 20° en 20° de longitud.

En rigor el trabajo realizado fué calcular las presiones de circulación, media móvil de 5 días, de 4 en 4 días a lo largo de los paralelos 20°S, 30°S, 40°S, 50°S y 60°S. Las medias, en el inter-

valo total de tiempo estudiado, de la presión de circulación en cada una de las latitudes señaladas, al graficarlas en función de la latitud, indican en su perfil el índice medio de circulación de 10° en 10°.

El gráfico, tanto para verano como para invierno, muestra un leve ascenso entre los 20°S y los 30°S, luego un descenso moderado hasta los 40°S y luego una pendiente pronunciada y uniforme entre los 40°S y los 60°S. Por este motivo es que los índices circulatorios del oeste se tomaron entre los 40°S y los 60°S.

Siguiendo los estudios realizados por el meteorólogo norteamericano señor Jeromé Namias, que mencionan la existencia de ondas en la presión latitudinal en el Hemisferio Norté, que marchan del Ecuador a los polos y de los polos al Ecuador, se efectuó una investigación tendiente a verificar esto para el Hemisferio Sur. El resultado fué positivo, observándose la existencia de ondas en las presiones latitudinales que se desplazan del Ecuador a los polos y viceversa, empleando para su propagación intervalos de tiempo que oscilan, en término medio, entre 12 y 14 días, o sean de 30° a 25° de latitud en 4 días.

Asimismo se comprobó el paulatino aumento de amplitud de la onda a medida que avanza hacia latitudes más altas, o su decrecimiento cuando se propaga del polo hacia el Ecuador. Esta variación de la amplitud parece sugerir la influencia de la convergencia de meridianos.

El estudio de estas ondas se efectuó utilizando las variaciones de 4 en 4 días, en cada latitud, de la presión de circulación (media móvil de 5 días). Es decir, se hizo

$$PP_n - PP_{n+4} = V_{n+4}$$

donde:

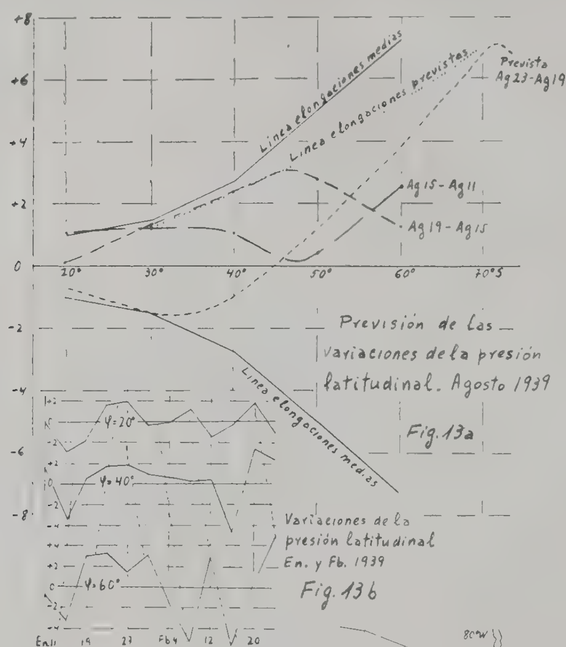
PP_n: presión de circulación (media móvil de 5 días) en el día n y en la latitud considerada.

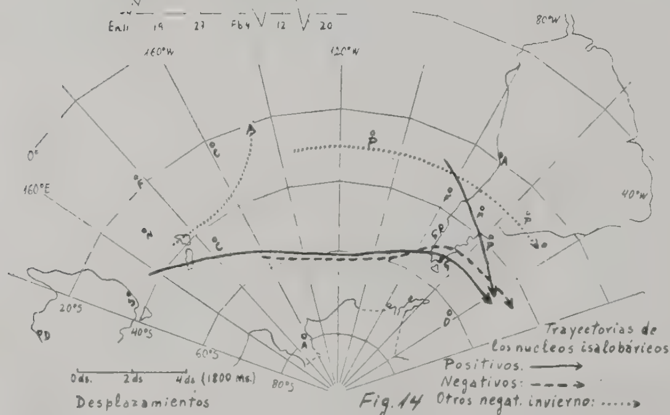
PP_{n+4}: Presión de circulación (media móvil de 5 días) en el día $n + 4$ y en la misma latitud que PP_n.

V_{n+4}: Variaciones de la presión en dicha latitud, entre el día n y el día $n + 4$.

La figura 13 *b* muestra esas ondas, correspondientes a enero y febrero de 1939. Las abscisas, tiempos, son comunes para todas las curvas. En dicha figura se muestran las curvas de las variaciones de la presión para cada latitud; las líneas de trazos cortos

indican la correspondencia de los máximos y mínimos. Las líneas deflexionadas a la derecha señalan propagaciones del polo sur al





Ecuador; las deflexionadas a la izquierda marcan las ondulaciones que avanzan del Ecuador al polo.

La existencia de estas ondas provee un medio para predecir el índice circulatorio. Para ello se utiliza el gráfico de amplitud de las ondas en función de la latitud. El proceso requiere que previamente se haya registrado el establecimiento de un sentido definido de marcha de las ondas en una u otra dirección, usualmente estos sentidos perduran por varias semanas.

La figura que empleamos es la 13 *a*, en la cual se van graficando las variaciones en función de la latitud y uniendo con una curva las correspondientes a una misma fecha. Los máximos y los mínimos se extrapolan suponiendo un desplazamiento igual al observado en el intervalo de tiempo precedente (o su valor medio al comienzo), pero haciendo que caigan en la curva tangente de elongaciones previstas (se traza a mano levantada) en el punto que corresponde a la latitud extrapolada. La suma de las variaciones, así previstas y de las presiones latitudinales de circulación actual dan las presiones de circulación pronosticadas (usualmente 4 días en adelante). La diferencia entre la presión prevista para los 40°S menos la prevista para los 60°S da el índice circulatorio futuro.

Siguiendo las ideas de Namias los otros métodos empleados para pronosticar la marcha del índice circulatorio tienen un carácter más bien estadístico. Pueden resumirse así:

a) Dada una anomalía en un sentido determinado debe suponerse que el siguiente valor tenderá a acercarse al valor normal del índice circulatorio.

b) Dada una marcha definida de las anomalías, si las dos últimas observaciones diarias de la presión indican un sentido contrario a esa marcha de las anomalías, debe tomarse esto como una « tendencia » y que un pico de la curva de los valores del índice ha sido alcanzado y que su marcha cambiará en el sentido indicado por esos dos últimos valores diarios de la presión.

En el caso (*a*) debe suponerse, debido a la tendencia a « persistir » que tienen las medias móviles, que el nuevo valor del índice circulatorio se aproximará al valor medio pero conservando una anomalía del mismo nombre que la precedente.

En el caso (*b*) el método significa lo siguiente: si el índice circulatorio medio de 5 días, por ejemplo, ha venido creciendo y los dos últimos valores del índice diario son menores que el último valor del índice en la media móvil, debe suponerse que el índice ba-

jará. La inversa es también cierta. El descenso, o ascenso, se toma igual al último ascenso, o descenso.

Finalmente, existe un cuarto medio para prever la evolución del valor del índice circulatorio. La carta de variaciones (isolabaras) de la media móvil de la presión y las tendencias calculadas por medio del método de las diferencias numéricas, indicarán si deben esperarse aumentos o decrecimientos en la presión, especialmente en las latitudes circunpolares. De acuerdo a esto podrá preverse si el índice circulatorio futuro será más alto o más bajo que el actual. Un valor cuantitativo se conseguirá construyendo la carta futura de circulación del aire y procediendo luego en la forma común de determinación del índice circulatorio que se explicó al comienzo del presente capítulo, pero este último cálculo debe hacerse, más bien que para pronosticar, para controlar el índice pronosticado por los métodos anteriores.

El índice circulatorio calculado en cualquiera de las formas que se explicaron más arriba, proporciona un valor que se refiere a la totalidad del sector de Hemisferio. Desde el punto de vista del pronóstico meteorológico en el sur de América, interesa especialmente conocer el valor futuro particular de dicho índice sobre la Argentina, Chile, y las aguas oceánicas vecinas a ambos países.

Para esto último fué necesario analizar los datos disponibles a fin de descubrir alguna correlación que permitiera preverlo. El análisis de los valores de los índices, considerados a lo largo de los diferentes meridianos, condujo a la conclusión que las variaciones del índice en la zona sudamericana son precedidas, con cuatro días de anticipación, por variaciones del mismo signo entre las longitudes 170°W y 170°E. El coeficiente de regresión entre ambas variaciones es aproximadamente 1.6, esto es:

$$V_{70°(n+4)} = 1{,}6\ V_{180°(n)}$$

en donde:

$V_{70°(n+4)}$: Variación del índice circulatorio entre los 60°W y 80°W (América del Sur) entre los días n y $n+4$.

$V_{180°(n)}$: Variación del índice circulatorio entre los meridianos 170°W y 170°E, entre los días $n-4$ y n.

En base a esto, sumando algebraicamente el valor $V_{70°(4+n)}$ previsto a la magnitud actual del índice circulatorio entre los meridianos 60°W y 80°W ($I_{70°(n)}$), podrá obtenerse aproximadamente

el valor $I_{70°(n+4)}$ a prever para cuatro días más adelante en Sur América. La variación pronosticada $V_{70°(n+4)}$ debe ser controlada con las indicaciones que proporcionen las cartas de isolabaras y sus tendencias.

Resumiendo, disponemos de los siguientes medios para estimar el índice circulatorio:

a) El de las ondas de variación de las presiones latitudinales (cualitativo y cuantitativo).

b) El estadístico, de las anomalías (cualitativo).

c) El de las «tendencias del índice» (cualitativo).

d) El del cálculo del campo barométrico futuro (para control).

En lo que respecto al índice sudamericano tendríamos:

a) El de la correlación con las variaciones en los 180°.

b) El del cálculo del campo barométrico futuro sobre América del Sur.

En lo que respecta a los valores medios del índice circulatorio observados en enero y febrero y en agosto y septiembre de 1939, ellos son:

enero y febrero $I_m = 6{,}7$
agosto y septiembre $I_m = 5{,}3$

Cálculo de las tendencias. — El método empleado para la determinación de las tendencias en 48 horas, tanto las de la presión como las de las variaciones, se basa en el de las diferencias numéricas. En este proceso, que implica la utilización de tres valores consecutivos (intervalo de dos días entre valor y valor), se supone constante la diferencia segunda.

Sin embargo el dato que se obtiene no es empleado directamente en las cartas. Un estudio realizado en una serie de estaciones, en el cual se utilizaron como abscisas los valores «medidos» de las tendencias reales y como ordenadas los encontrados en la forma anteriormente señalada, permitió deducir la recta compensada de regresión de las tendencias calculadas en función de las «medidas». Estas últimas son:

$$T_m = \frac{D'_{(n)} + D'_{(n+2)}}{2} = \frac{(A_{(n)} - A_{(n-2)}) + (A_{(n+2)} - A_{(n)})}{2}$$

siendo:

$A_{(n-2)}$: apartamiento de la presión dos días antes de la fecha actual.
$A_{(n)}$: apartamiento en la fecha actual
$A_{(n+2)}$: apartamiento dos días más tarde.

El dato anterior T_m (tendencia « medida ») equivale a la diferencia de ordenadas entre los extremos del segmento de recta que une el punto medio de las cuerdas $(A_{(n-2)}, A_{(n)})$ y $(A_{(n)}, A_{(n+2)})$. El valor de la tangente de esta última recta es muy próximo al de la tangente a la curva de apartamientos en $A_{(n)}$.

El coeficiente de la recta compensada de regresión de que antes se habló, de las tendencias calculadas por medio de las diferencias numéricas en función de las « medidas », es aproximadamente 2. Esto es:

$$T_p = \frac{T_c}{2}$$

en donde

T_p: tendencia prevista, a introducir en la carta
T_c: tendencia calculada.

El valor de T_c se determina haciendo

$$T_c = \frac{D'_{(n)} + D'_{(n+2)p}}{2}$$

en la que

$D'_{(n)}$: diferencia de apartamientos a la fecha actual ($A_{(n)}$ menos $A_{(n-2)}$)
$D'_{(n+2)p}$: diferencia de apartamientos prevista, entre el de la fecha actual y el de dos días más adelante, calculada por medio de las diferencias numéricas.

Resumiendo, podemos expresar que:

$$T_p = \frac{T_c}{2} = \frac{D'_{(n)} + D'_{(n+2)p}}{4} = \frac{D'_{(n)} + D'_{(n)} + D''_{(n)}}{4}$$

siendo: $D''_{(n)}$: diferencia entre $D'_{(n)}$ menos $D'_{(n-2)}$, es decir, la diferencia segunda de los apartamientos de la presión.

El ejemplo que sigue acalara el método enunciado que se aplica tanto a las tendencias de la presión como a las variaciones en cuatro días (A').

Tendencias de la presión — Estación: Río Gallegos

Fecha	A	D'	D''
Agosto 15	— 6,1		
» 17	— 1,1	5,0	
» 19	7,9	9,0	4,0
$D'_{(21)p}$		13,0	4,0
$D'_{(19)} + D'_{(21)p}$		22,0	
T_p		5,5	

Tendencias de la variación — Estación: Río Gallegos

Fecha	A'	D''	D'''
Agosto 15	3,4		
» 17	7,4	4,0	
» 19	14,0	6,6	2,6
$D''_{(21)p}$		9,2	2,6
$D''_{(19)} + D''_{(21)p}$		15,8	
T_v		4,0	

A fin de diferenciar la tendencia de la variación de la tendencia de la presión, utilizamos la notación T_v para la primera.

Posteriormente se efectuó un estudio comparativo de los resultados que el método explicado permite obtener en la precisión de las tendencias previstas. Para esto se eligieron cuatro estaciones: Sydney, Chatham, Río Gallegos y Villa Mercedes, investigándose la bondad de su aplicación en ambos tipos de tendencias.

Se efectuó un cálculo de correlación entre las tendencias observadas («medidas») y las registradas al día de la fecha ($D'_{(n)}$) (diferencia entre el apartamiento, o variación, actual menos el apartamiento, o variación, de dos días antes) y luego se ejecutó un cálculo análogo entre las tendencias observadas («medidas») y las previstas en base al método que se explicó.

El cuadro que sigue da los coeficientes de determinación obtenidos (cuadrado del coeficiente de correlación).

Tendencias de la presión (48 horas). Valores del coeficiente de determinación

Epoca	Varbl. Corrl.	Sydney	Chatham	R. Gall.	V. Mer.	Promedio	Corrl.
Verano	T_m y $D'_{(n)}$	0,688	0,802	0,762	0,640	0,723	0,850
	T_m y T_p	0,642	0,749	0,746	0,735	0,718	0,848
Invierno	T_m y $D'_{(n)}$	0,646	0,657	0,729	0,800	0,708	0,842
	T_m y T_p	0,607	0,657	0,964	0,861	0,772	0,883

Tendencias de la variación (48 horas). Valores del coeficiente de determinación

Epoca	Varbl. Corrl.	Sydney	Chatham	R. Gall.	V. Mer.	Promedio	Corrl.
Verano	T_{vm} y $D''_{(n)}$	0,531	0,677	0,862	0,581	0,663	0,815
	T_{vm} y T_v	0,570	0,737	0,901	0,707	0,729	0,854
Invierno	T_{vm} y $D''_{(n)}$	0,677	0,717	0,732	0,800	0,732	0,856
	T_{vm} y T_v	0,830	0,887	0,867	0,913	0,874	0,936

Salvo para el caso de la presión en verano, en el cual desde el punto de vista de la precisión es lo mismo emplear las diferencias al día de la fecha ($D'_{(n)}$) o el método en estudio, en todos los demás el sistema fundado en las diferencias numéricas ofrece un aumento de exactitud que varía entre el 9 % y el 20 %.

En los cálculos del presente trabajo se empleó el método de referencia en forma general para todas las cartas.

Cartas y líneas de corriente. — Los valores previstos para las tendencias de la presión y de la variación son introducidos en las cartas que corresponden, de apartamientos e isolabaras respectivamente, con lo cual el aspecto sinóptico de las anomalías barométricas y de las variaciones queda completado al dibujar las líneas de isotendencias.

El paso siguiente consiste en trazar las líneas de corriente en las cartas de apartamientos en base a las presiones medias de circulación que en cada fecha corresponden a cada estación. Este valor se obtiene haciendo

$$\text{P. r. c. m.} + A = \text{P. r. c.}$$

donde

P. r. c. m.: presión relativa de circulación media (ver figura 4)
A: apartamiento de la media móvil de la presión
P. r. c.: presión relativa de circulación.

Mediante todo el proceso que precede queda entonces determinado lo siguiente:

1) Apartamiento de la media móvil de la presión.

2) Variaciones de la media móvil de la presión en 4 días.

3) Tendencias en 48 horas, de la media móvil de los apartamientos de la presión y de las variaciones.

4) Presiones relativas de circulación.

5) Carta conteniendo las cantidades 1, 4 y 3 correspondientes.

6) Carta de isolabaras, en la cual se dibujarán también las tendencias de la variación.

Los valores y cartas mencionadas anteriormente se calculan y construyen, respectivamente, de dos en dos días, con lo cual el operador posee una visión completa y suficientemente continua de la evolución de los fenómenos.

Teóricamente es posible aplicar a los sistemas barométricos los métodos de Petterssen que permiten calcular desplazamientos de las áreas de alta y baja presión mediante el empleo del campo de tendencias y presiones. Sin embargo, la carencia de datos en el Pacífico Central Sur impide esto y nos obliga a limitarnos a aplicar resultados medios.

El análisis de la marcha de los núcleos de variación ofrece al parecer, las mejores probabilidades desde el punto de vista de la previsión del campo barométrico futuro, por ser sus marchas bastante regulares por lo general. La ayuda de ciertas reglas y relaciones entre lo que se observa en la evolución de la presión en varias estaciones y la variación de las tendencias asociadas a los sistemas en marcha contribuyen a facilitar la estimación de las cartas futuras.

La figura 14 muestra las trayectorias medias observadas en enero, febrero, agosto y septiembre de 1939, de los núcleos de variación positivos y negativos (las rutas de verano y de invierno son muy parecidas).

La escala del costado bajo izquierdo da la velocidad del desplazamiento en 4 días. Las líneas que representan las trayectorias

comienzan en la región en la cual habitualmente nacen estos núcleos isolabáricos.

El análisis de las interrelaciones de las isolabaras y las tendencias de la variación conduce a formular las siguientes reglas:

a) El desplazamiento de un área isolabárica puede preverse cuando a cierta distancia de éste y en la dirección general del movimiento existe un núcleo de tendencias de su mismo signo.

b) La presencia de tendencias opuestas en la zona que ocupa un núcleo de variación y en sus vecindades, permite prever un debilitamiento de este último sin desplazamientos apreciables de su posición.

c) Cuando próximos a un núcleo isolabárico aparecen dos centros de tendencias del mismo signo que el núcleo, puede preverse que éste se dividirá en dos.

d) La aparición de un centro de tendencias en una región sin áreas de variación intensas pronóstica la formación de un centro isolabárico de igual signo que el centro de tendencias en esa región. La variación en el centro del futuro núcleo isolabárico es aproximadamente igual a:

$$A_p' = A'_{(n)} + \frac{3\,T_v}{2}$$

donde

A_p': variación prevista en el centro del núcleo
$A'_{(n)}$: variación actual en el centro del área de tendencias
T_v: tendencia de la variación en el centro del área de tendencias.

e) Normalmente, los núcleos isolabáricos negativos van acompañados de otro positivo situado entre el oeste y el noroeste del primeros y a unas 2500 millas náuticas de distancia.

f) La velocidad de los núcleos isolabáricos, en los cuatro primeros días de su formación, es aproximadamente

$$\frac{2 \times 1800}{3} = 1200 \text{ millas náuticas}$$

El estudio de los centros de tendencias de la presión con respecto a las líneas de corriente conduce a formular las siguientes reglas:

1) Un centro de tendencias negativas implica, 4 días después, una intensificación de la circulación a la derecha de la posición actual del centro de tendencias.

2) Un centro de tendencias positivas, a la inversa, pronostica una disminución del índice circulatorio a la derecha de su posición actual para 4 días después.

3) La ligazón del campo de tendencias con el de las líneas de corriente permite prever sus modificaciones futuras. Un centro de tendencias asociado a un centro barométrico bien definido señala su dirección general de movimiento.

4) Por otro lado, la presencia de un centro de tendencias ubicado en una región en la cual no hay sistemas barométricos bien definidos señala una ulterior evolución del campo de las líneas de corriente en esa zona. Así un fuerte núcleo de tendencias negativas en una zona de circulación casi normal permite prever la formación de un valle ciclónico en esa región y la intensificación de la circulación.

5) El caso inverso, de un centro positivo en una región de circulación normal pronostica un debilitamiento de esta última y una inclinación a formar una área anticiclónica.

6) Un centro de tendencias de signo contrario al de un sistema barométrico, que tiende a bloquear su camino normal, pronostica un debilitamiento del sistema y una inmovilizavión del mismo.

7) En el verano caben las siguientes observaciones:

a) Por lo común no aparecen centros de alta presión, fuera de los permanentes del Pacífico y Atlántico, con movimiento como entidades independientes. Normalmente se extienden, retraen, intensifican o debilitan.

b) Las tendencias, para significar un síntoma sobre el futuro del campo de corrientes, tienen que tener valores del orden de los 3 mb. o más.

c) Un núcleo de tendencias positivas pronostica el extendimiento de las áreas anticiclónicas en la demora de ese centro de tendencias.

d) Los apartamientos de la presión no alcanzan valores demasiado grandes, pocas veces exceden los 10 mb ó 14 mb en latitudes entre 50°S y 60°S.

8) En el invierno cabe observar lo siguiente:

A) Se observan centros de alta presión bastante independientes de las altas permanentes del Pacífico. Son más frecuentes y extensos en el Pacífico Sur Central y Occi-

dental que en América del Sur. Normalmente quedan ligados a las altas presiones permanentes en forma tal que estas últimas aparecen como « lenguas » desprendidas del centro más potente ubicado en latitud 50°S.

B) Los índices circulatorios muy bajos se caracterizan por la formación de centros depresionarios en latitudes más bajas, 30°S a 40°S.

C) La disminución del índice circulatorio en la Patagonia generalmente implica vientos del sur entre moderados y fuertes. Por medio de las isolabaras se podrá pronosticar si el movimiento del aire será del sur o del norte.

D) Los apartamientos alcanzan valores grandes, frecuentemente del orden de los 16 mb ó 20 mb, en los 60°S y 50°S.

E) Cuando se observan dos núcleos positivos de tendencias, uno ubicado en Sur América y el otro en aguas australianas, puede preverse la formación de un valle depresionario en el Pacífico Central austral a menos que un anticiclón no se encuentre situado en esta última región.

Ejemplo sobre ejecución de un pronóstico a largo plazo. — Supongamos que el día de la fecha sea el 21 de agosto de 1939, es decir que la última carta de medias móviles de 5 días es la del 19 de agosto.

Dispondremos de los siguientes elementos:

a) Carta de circulación, apartamientos, tendencias, y líneas de corriente del 19 de agosto.

b) Cartas análogas de los días anteriores (17, 15, etc. de agosto).

c) Carta de isolabaras del 19 de agosto.

d) Cartas análogas de los días anteriores.

e) Cartas sinópticas diarias del día de la fecha y de los precedentes.

f) Planillas de cómputos de las tendencias de los apartamientos y de las variaciones.

g) Valores de los índices circulatorios de las corrientes del oeste de 4 en 4 días.

Las cartas especificadas en *b*) y *d*) no son las que ocasionalmente se emplearon para pronosticar sino las cartas de esas fechas, rehe-

chas para incluir en ellas no las tendencias previstas sino las observadas. En cambio, las cartas de circulación y de isolabaras del 19 de agosto contienen las tendencias previstas en base al método de las diferencias que ya se explicó.

El primer examen que se hace es el de la carta de circulación del 19 de agosto (fig. 15), y su comparación con las precedentes. La figura mustra un seno depresionario al este de Orcadas que el día 15 estaba al sur de la Patagonia. El seno ubicado al SSW de la I. de Chatham el día 15, disminuyó en intensidad el 17 y está ya muy debilitado el día 19 con su centro al SSE de la isla mencionada. La región anticiclónica del Pacífico se ha extendido hasta la zona central argentina. En Fiji existe una zona depresionaria.



Con centro en Nueva Zelandia hay un área bastante intensa de apartamientos negativos que proviene del debilitamiento de la que existía en esa región el 17. Un área positiva ocupa la Patagonia y centro argentino, la cual se generó en el Pacífico sudoriental entre los días 15 y 17 y entró luego al territorio sudamericano. El área negativa que el 17 estaba al SE del Río de la Plata ha continuado su alejamiento hacia el ESE.

El campo de las tendencias presenta un máximo de + 8 mb en el centro argentino y un máximo secundario no muy pronunciado próximo y al este de Chatham. Una cuña negativa se ha insinuado entre el 17 y el 19 en el Pacífico sud central, registrándose tam-

bién tendencias negativas en la zona norte y occidental de las aguas australianas.

El índice circulatorio del sector de hemisferio considerado que era de 7.6 el 11 de agosto, disminuyó a 6.1 el 15 y ascendió a 7.2 el 19. Aplicando la regla estadística en las variaciones del índice circulatorio, podríamos pronosticar que el día 23 se encontrará entre el valor actual y la media. Esto último significa que la circulación del oeste disminuirá entre el 19 y el 23.

Aplicando el método de las variaciones latitudinales de la presión podremos tener una idea más aproximada del valor futuro del indice circulatorio. En la figura 13 *a* han sido dibujadas las variaciones latitudinales de la presión observadas entre el 11 y el 15 de agosto con trazos largos, la línea de trazos cortos representa las variaciones entre el 15 y el 19, finalmente la línea de trazos muy cortos es la de variaciones previstas.

La línea de puntos, trazada en base a las máximas de variaciones positivas observadas entre el 11 y el 15 y entre el 15 y el 19; prolongada hacia las latitudes más altas define las máximas variaciones a esperar en la onda actualmente en estudio. La línea llena marca las desviaciones máximas medias de cada latitud.

Teniendo en cuenta que la velocidad media de las ondas de variación es de 25° de latitud cada 4 días, colocamos la posición futura del máximo, el día 23, en los 72°S (el día 19 se encontraba en los 47°S), en forma tal que la curva tangentee a la línea de puntos. La intersección de la curva de variaciones de 15 al 19 de agosto con las abscisas está muy próxima a los 20°S y consecuentemente la ubicamos para su posición prevista, en los 45°S. En razón de que ignoramos el valor de la variación negativa que aparecerá, prolongamos la línea de trazos muy cortos (curva de variaciones previstas) hasta que pueda tocar la curva de trazado continuo (envolvente de las máximas medias de las desviaciones negativas).

De la figura obtenemos que

$$\text{Variación en los } 40°S = -1.0$$
$$\text{Variación en los } 60°S = +3.8$$

la variación del índice es entonces:

$$V_I = -1{,}0 - (+3{,}8) = -4{,}8$$

o sea que

$$I_p\,(_{23}) = I_{19} - 4{,}8 = 7{,}2 - 4{,}8 = 2{,}4$$

es decir, un valor bajo del índice circulatorio.

El análisis de las relaciones entre el campo de tendencias y el circulatorio indica que:

a) Las tendencias positivas sobre la Argentina implican una disminución de la circulación del oeste a su derecha, es decir, en el Atlántico sur occidental.

b) La cuña negativa en el Pacífico central austral, que ocupa una región de relativamente bajo índice circulatorio, pronostica la generación de un seno depresionario en esa zona y un poco a su derecha.

c) Sobre la región de Chatham el débil seno depresionario seguirá debilitándose y probablemente desaparecerá.

d) La zona de tendencias negativas en Australia, existente en una región de índice circulatorio débil, permite prever la formación de un seno de baja presión sobre el sur de Australia.

En resumen, la apreciación es que se tendrán dos senos ciclónicos, uno en el Pacífico austro-oriental, y otro en el austro-occidental sobre el sudeste de Australia, con dos cuñas de alta visibles en la carta prevista para el 23, una en el Atlántico sudoeste y otra en el Pacífico central. Esta distribución debe ser tal que proporcione un valor bajo del índice circulatorio. Ello significa que las áreas anticiclónicas serán extensas y que llegarán a latitudes elevadas.

Analicemos ahora la carta isolabárica (fig. 16). En ella hay dos áreas positivas, una muy importante sobre el territorio argentino (16 milibares), otra no tan fuerte (8 mb) en el Pacífico occidental. Entre ambas zonas positivas se insinúa una cuña negativa en la parte central sur de ese océano, mientras que otra bastante intensa (— 10.8 mb en Sydney) se encuentra sobre Australia.

El campo de tendencias de la variación muestra un núcleo positivo centrado un poco al este de Orcadas, que corresponde al área isolabárica de la Argentina y un núcleo negativo (— 7.6 mb en lat. 60°S, long. 120°W) en el Pacífico central austral. En toda la zona ocupada por el área isolabárica positiva secundaria, se registran tendencias negativas.

La comparación entre la carta isolabárica actual y la del día 17 muestra que la gran área incrementante que ocupaba el Pacífico se ha dividido en dos, uno de cuyos núcleos ha pasado del océano Pacífico suroriental a la Argentina, mientras que el núcleo secundario ha quedado aislado en el oeste. Ha aparecido una cuña negativa en la parte central sur del océano citado y el área disminuyente de Australia ha avanzado algo aumentando en valor absoluto.

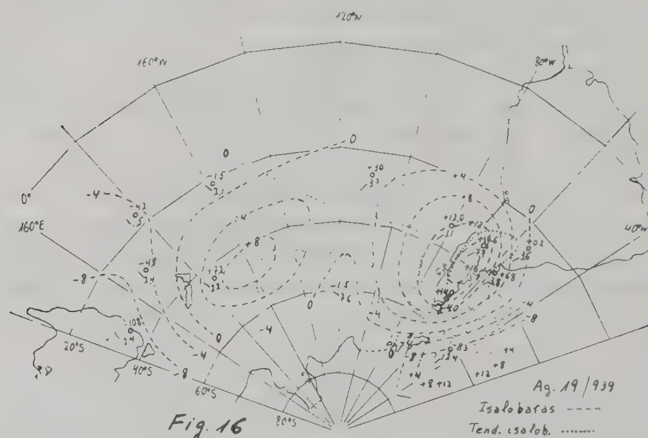


Fig. 16

La apreciación general es que el área isolabárica positiva que se encuentra sobre la Argentina se correrá hacia el sudeste, cosa que coincide aproximadamente con las trayectorias mostradas en fig. 14 y con la línea que une el centro isolabárico con el centro de tendencias del mismo signo. El área isolabárica negativa que se insinúa en la región central sur del océano aumentará según lo indican las tendencias asociadas y se desplazará algo hacia el este. El área positiva secundaria (7.2 mb en Chatham) se debilitará (todas las tendencias son negativas en la zona que ocupa) y el área negativa de Australia continuará su marcha hacia el este yendo a ubicarse probablemente entre Nueva Zelandia y Australia.

La figura 17 muestra la distribución prevista para el día 23 del campo isolabárico, en la cual el desplazamiento del área positiva que estaba centrada sobre la Argentina se computó con el valor medio de 1800 millas en 4 días. El área negativa del centro del Pacífico fué desplazada hacia el este en una distancia algo menor

debido a que está en formación y a que el campo de tendencias asociado no indica una dirección definida sobre el paralelo. Sin embargo, se le computó un cierto dezplazamiento hacia el norte en la región que abandona el área positiva.

Su intensidad en el centro se calculó en base a la siguiente regla práctica:

$$A_p' = A'_{(n)} + \frac{3\,T_r}{2} = -1,5 + \frac{3\,(-7,6)}{2} = -13\,\text{mb}$$

ubicándose su centro sobre la trayectoria media de los núcleos negativos y a 1200 millas de su posición del día 19 $\left(1200 = \frac{2 \times 1800}{3}\right)$

El área isolabárica de decrecimiento del oeste fué colocada por estimación entre Nueva Zelandia y Australia.

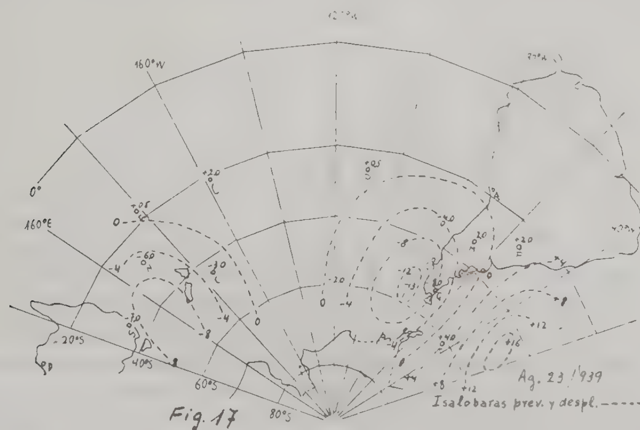


Fig. 17

La figura 17 muestra el campo isolabárico pronosticado. Los números colocados junto a cada estación dan la variación a prever en la presión como consecuencia de la distribución prevista de las isolabaras, además, con centro en el punto que se espera se encontrará el área negativa del este del Pacífico se ha colocado la variación a esperar en ese punto a fin de ubicar mejor el seno depresionario.

La suma de esas variaciones previstas y las presiones relativas de circulación del día 19, da las presiones relativas pronosticadas

para el 23 y en base a ellas se han dibujado, en la figura 18, las líneas de corriente pronosticadas.

El índice circulatorio obtenido en base a la carta prevista para el día 23 es de 6,9. Este valor excede bastante el determinado en base al método de las diferencias latitudinales de la presión. Una revisión de los cálculos efectuados mostrará que en dicho método de diferencias latitudinales, la variación negativa a esperar en las latitudes bajas puede ser motivo de conjetura dado que ha sido computada como una deducción implicada por el máximo que ha venido desplazándose hacia el sur y cuyo desplazamiento puede ser algo mayor que el estimado; por otra parte esa variación negativa en las latitudes bajas, aunque es poco importante — 1,5 mb) contribuye a disminuir el valor del índice circulatorio previsto.

La aplicación de la relación entre las variaciones del índice circulatorio en los 180° y en el sector sudamericano conduce a lo siguiente:

$$\begin{aligned}
&(\text{Ag. } 19)\ I_{180^\circ} &&= 6{,}0 \\
&(\text{Ag. } 15)\ I_{180^\circ} &&= 10{,}0 \\
&V_I &&= -4{,}0 \\
&V_{I_{p70^\circ}} &&= 1{,}6\ V_I = -6{,}4 \\
&I_{p70^\circ} &&= I_{70^\circ} + 1{,}6\ V_I = 10{,}5 - 6{,}4 = 4{,}1.
\end{aligned}$$

El índice circulatorio entre los 40°S y los 60°S en el sector comprendido entre los meridianos 60°W y 80°W, previsto en base a la figura 18 da un valor de 11.5 mb lo que es excesivo comparado con el valor obtenido anteriormente. Si consideramos ahora la marcha del núcleo de variaciones positivas, que el día 19 de agosto se encuentra sobre la Argentina y el campo de las tendencias de variación, centrado un poco al este de las Orcadas, llegaremos a la conclusión que la posición futura que hemos asignado al núcleo de variación positiva está al norte de la posición real que ocupará.

Si esto último es cierto, ello significa que la presión de circulación que hemos estimado para Orcadas es demasiado baja. Si hacemos variar el valor asignado a Orcadas, aumentándolo, las líneas de corriente (fig. 18) tenderán a orientarse de norte a sur en el Atlántico sudoccidental y por lo tanto el valor del índice circulatorio entre los meridianos 60°W y 80°W tenderá a disminuir.

Si adoptamos un valor del índice circulatorio entre los meridianos nombrados igual al promedio de los dos valores obtenidos, es

decir, 7.8 mb y al mismo tiempo conservamos invariable el gradiente sobre el meridiano 80°W, ello significará que el gradiente a lo largo de los 60°W deberá ser:

$$G_{60°} = 2 \times 7{,}8 - 14 = 1{,}6$$

esto es, que si la presión de circulación en 40°S y 60°W es de 1 mb, en 60°S y 60°W deberá ser de — 0.6 mb, lo que implicará una presión de circulación en Orcadas de 4 ó 5 mb. La pronosticación de un bajo índice en esta zona está además de acuerdo con la regla sobre tendencias positivas y líneas de corriente.

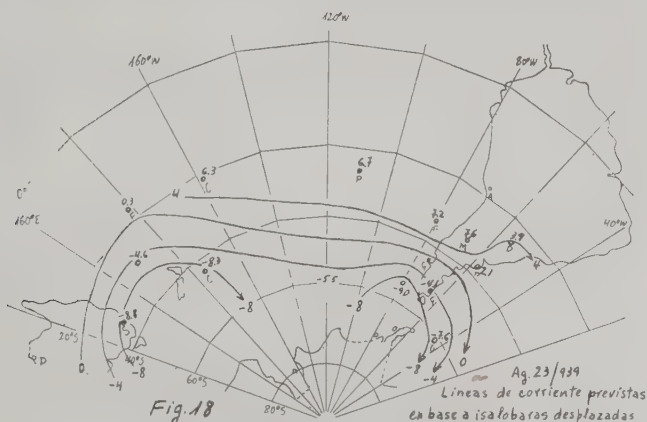


Fig. 18

Teniendo en cuenta que entre el 15 y el 19 de agosto el índice circulatorio en los 180° disminuyó y que el dato de 7.8 pronosticado provisoriamnte para el día 23 en la zona sudamericana es menor que el de 10.5 observado el 19 (lo que proporciona un acuerdo cualitativo con respecto a la relación de regresión), podremos adoptar con buenas probabilidades de acierto la deducción anterior y asignar a Orcadas una presión de circulación, prevista para el día 23, de 4 milibares.

En cuanto a la carta de líneas de corriente prevista, la parte oriental, la del seno ciclónico próximo a Sud América, no ofrece mayores dudas aunque siempre la estimación de su intensidad puede estar sujeta a discusión. En cambio, el seno del oeste ofrece mayor incertidumbre.

Si como solución de compromiso adoptamos para el hemisferio un valor del índice circulatorio previsto promedio del de los dos determinados, 2.4 y 6.9, esto es, 4.6, la morfología general de la carta del 23 podría quedar modificada así:

a) Hacer más marcado el lomo anticiclónico entre los dos senos depresionarios.

b) Colocar en una posición más occidental que la actualmente prevista el seno ciclónico en aguas australianas.

c) Dar a Orcadas una presión de circulación de 4 mb, con lo cual las líneas de corriente al este de la Patagonia correrán de Norte a Sur.

Si hacemos lo indicado precedentemente, la carta definitiva, pronosticada para el 23 de agosto (ver fig. 19), mostrará: un seno depresionario junto a la costa sur de Chile, una zona de circula-

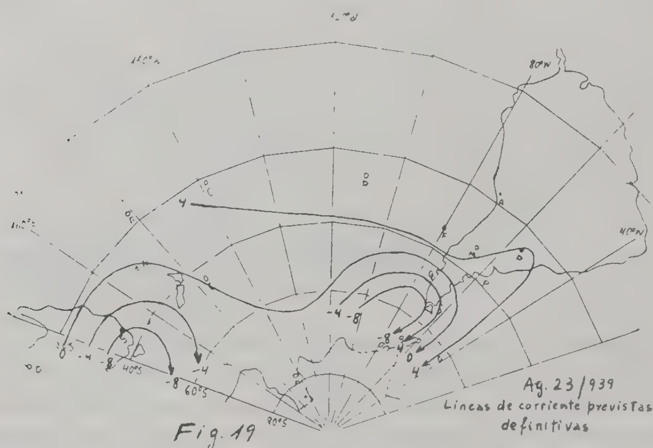


Fig. 19

ción atmosférica débil sobre el Pacífico central sur y un seno depresionario al sur de Australia. El índice circulatorio de la nueva carta es de 5.3, valor bastante próximo al de 4.6 que habíamos tomado.

En la carta prevista del día 23 (fig. 19) pueden verse dos senos depresionarios y dos zonas de actividad frontal, una que se extiende a lo largo de la costa de Australia y otra de NNE a SSW sobre el territorio argentino cuyo extremo sur está en el Pacífico sud-

oriental. La actividad frontal en la Patagonia está intensificada por el relieve orográfico de la Cordillera de los Andes.

CUADRO IV

Desplazamiento de senos ciclónicos en 4 días, en grados de longitud sobre el paralelo 60° S en función de Ie y de D

D	Valores de *Ie*				
	2	4	6	8	10
320°	23°	17°	10°	—	—
280°	24°	16°	9°	0°	—
240°	28°	20°	11°	5°	—
200°	33°	26°	19°	13°	—
160°	41°	35°	27°	21°	—
120°	—	45°	40°	35°	34°
80°	—	—	48°	43°	40°

Ie: Valor del índice circulatorio en el lomo anticiclónico entre el seno considerado y el que le sigue hacia el oeste. (Tomado sobre un espacio comprendido entre unos 20° a 40° de longitud).

D: Distancia en grados de longitud sobre el paralelo 60°S entre el seno considerado y el que le sigue hacia el oeste.

En lo que respecta a los desplazamientos de los senos se puede aplicar el cuadro IV, el cual da la distancia, en grados de meridiano sobre el paralelo 60°S, que dichos senos se desplazarán en 4 días; en función de la distancia en grados de meridiano entre dos senos consecutivos y el índice circulatorio en la cuña de alta presión entre ellos entre los 40°S y los 60°S. En nuestro caso particular (fig. 19) la distancia entre senos es de 140° y el índice circulatorio en el lomo que los separa es 3.3 mb. El desplazamiento del seno próximo a la Argentina sería de 40° de meridiano sobre el paralelo de los 60°S hacia oriente. Esto es, colocaría dicho seno un poco al este de la longitud de Orcadas el día 27. La carta observada indica que dicho seno demora al este de dichas islas, esto es, que su marcha ha sido un poco más rápida de lo previsto.

El caso de la previsión de la evolución del seno depresionario del Pacífico sudoccidental es algo más difícil por ausencia de datos al oeste del mismo, aunque debemos prever que marchará hacia el oriente.

En esta forma hemos realizado un pronóstico general de la marcha y evolución de los grandes sistemas circulatorios, extendiéndolo hasta unos 8 días en el futuro. La precisión del pronóstico disminuye a medida que es más remoto.

Para los días próximos y como control de nuestros cálculos disponemos de las cartas sinópticas diarias. Conjuntamente con el pronóstico a largo plazo confeccionamos la carta pronóstico para el día siguiente lo que puede extenderse a pasado mañana, ya sea por extrapolación de las mismas o por el empleo del « Atlas de Evoluciones-tipo » [1]. La carta del día de la fecha debe guardar relación con la intermedia del día 19 que ya se citó, y la prevista para el 23 con la pronosticada en base al « Atlas » mencionado o extrapolación de la pronosticada para mañana.

La aplicación práctica de las deducciones obtenidas requiere la formulación de pronósticos. Esto a su vez implica la ejecución de estudios estadísticos que relacionen las características observadas del tiempo con las diversas morfologías de la circulación atmosférica media y distribución de los senos depresionarios y áreas anticiciónicas. Fundamentalmente interesarán tipos de tiempo característicos, clases de lluvias e intensidad asociadas a cada tipo de circulación del aire, dirección, fuerza y fijeza de los vientos, condiciones de visibilidad, distribución de las anomalías térmicas y, en forma importante, las desviaciones medias o errores más comunes a esperar en este tipo de previsión meteorológica.

Capítulo V

EFECTOS DE LOS MAXIMOS DE RADIACION SOLAR

Las determinaciones de la radiación solar efectuadas por la Smithsonian Institution y analizadas por diversos observadores como los doctores C. G. Abott y Arcktowsky parecen mostrar oscilaciones que pueden descomponerse en una serie de ondas de diverso período que reproducen aproximadamente los valores observados.

Asimismo muchos científicos han tratado de ligar esas variaciones del valor de la radiación del sol con las oscilaciones de las variables meteorológicas. Los resultados acusados han sido diversos pero no ha podido obtenerse consenso definitivo. En el pre-

(1) Publicado por la D. G. de Navegación e Hidrografía del M. de Marina.

sente trabajo hemos tratado de analizar esos posibles efectos de las variaciones de la radiación solar no ya considerándolos como ondas sino tratando de identificar fenómenos que podrían seguir a puntos particulares de la curva de valores de dicha radiación.

En el presente caso se seleccionaron los máximos notables de la radiación obtenidos del volumen VI de « Annals of the Astrophysical Observatory » (preferred values).

Se emplearon 21 máximos ocurridos en 1936 y 17 de 1939. Con las fechas de los máximos como día 0, se calcularon los promedios de las presiones observadas, día por día, desde 3 días antes hasta 18 días después mediante un proceso análogo al empleado para estudiar los mínimos y máximos de circulación atmosférica en la Patagonia. Se calculó luego la media general de la presión en cada lugar durante los años 1936 y 1939 y determinando después los apartamientos, día a día, que preceden y siguen al pico de radiación solar.

De esta manera buscamos eliminar las oscilaciones de la presión no relacionadas con el máximo de radiación y sacar a luz los efectos de esta última si es que los había.

El hecho de disponer de observaciones de dos años diferentes permitió ejecutar un cálculo de correlación entre las curvas que, para cada estación, se obtuvieron como representativas de las oscilaciones de la presión relacionadas con los máximos de energía recibida del sol. El graficado de las líneas de isocoeficientes de correlación permitiría eventualmente determinar no solamente las regiones más « sensibles » del hemisferio, sino el grado de confianza que los valores obtenidos merecen.

Se emplearon las observaciones de la presión de 16 estaciones, a saber:

En aguas australianas	Port Darwin, Sydney, I. Norfolk, I. Fiji e I. Chatham.
En el Pacífico Sur	I. Cook, I. de Pascua e I. Juan Fernández.
En América del Sur	Arica, I. Guafo, V. Mercedes, Río Gallegos, Posadas y Mar del Plata.
En la Antártida..........	I. Orcadas y Little América.

Estas estaciones cubren la porción de hemisferio comprendida entre los paralelos 15°S y 80°S y los meridianos 40°W y 130°E.

Las correlaciones entre las curvas de la presión de 1936 y 1939 se realizaron en tres intervalos, a fin de determinar las fechas en

las que cada estación responde mejor a los efectos del máximo de radiación solar. Estos períodos se tomaron recubriéndose unos a otros a fin de tener continuidad en los coeficientes de correlación obtenidos. Los intervalos para los cuales se calcularon coeficientes fueron: del día — 3 (3 días antes del máximo de radiación) al día 7 (7 días después del máximo); del día 2 al 12 y del 7 al 17.

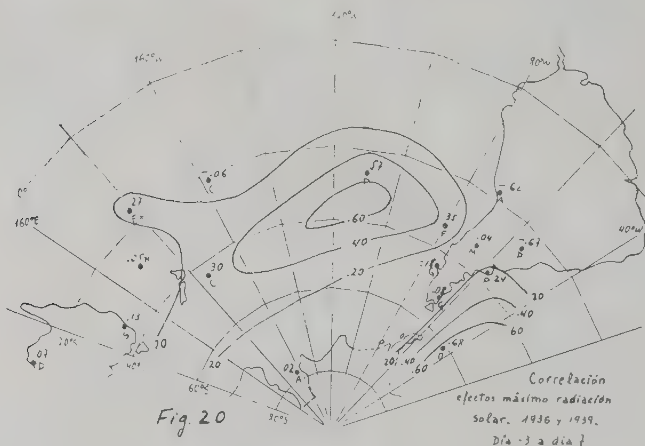


Fig. 20

Las figuras 20 y 21 muestran los resultados de los períodos extremos de estos cálculos. En ellas puede observarse que algunas estaciones acusan valores negativos del coeficiente de correlación; esto significa que, en el intervalo considerado, la evolución de la onda de la presión en un año ha sido predominantemente opuesta a la observada en el otro, es decir, nos obliga a suponer que los efectos del máximo de radiación del sol en ese intervalo son nulos en esa estación y que el coeficiente negativo resulta de la acción de otros factores no considerados en este estudio.

Aunque análogo razonamiento podría aplicarse a los coeficientes positivos, su distribución sobre extensas áreas y la morfología de las líneas de isocoeficientes así como su marcha gradual, indica que su significación es real, por lo menos en cuanto a su signo.

Los coeficientes proporcionados señalan solamente que las oscilaciones observadas en el intervalo dado son similares en ambos años empleados en el estudio. Cabe hacer notar que todos los coeficientes han sido calculados en base a las observaciones de los años 1936

y 1939 con excepción de Little America que corresponden a 1929 y 1934 y los de la I. de Pascua que pertenecen a 1938 y 1939.

La figura 20 muestra que en el intervalo — 3 a 7 las variaciones de la presión que siguen a un máximo de radiación solar son más significativas en el Pacífico central, entre los 30°S y los 40°S y en la región al este y nordeste de Orcadas.

Los coeficientes que corresponden a las correlaciones en el intervalo día 2 al día 12, dan tres zonas donde las oscilaciones de la presión presentan mayor homología, Is. Fiji, el Pacífico sudoriental y la parte correspondiente de la Antártica y el Atlántico al

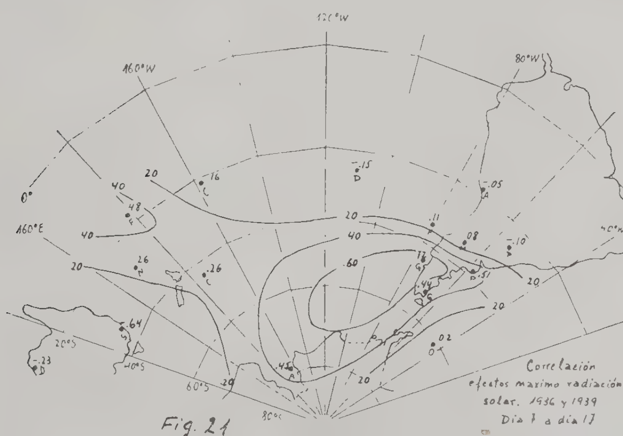


Fig. 21

nordeste de Orcadas. Finalmente en la figura 21 el área de acciones homólogas del Pacífico sudoriental ha entrado en la región patagónica, el área de las Is. Fiji se mantiene, conectada ahora con la primera, mientras que la región de coeficientes positivos del Atlántico no aparece en la carta.

La segunda parte de este trabajo incluye el estudio propiamente dicho de las oscilacions de la presión que siguen a los máximos de radiación solar y son el resultado combinado de los dos años que se utilizaron, comprenden 38 máximos en total. Los fenómenos que se describirán a continuación corresponden a las fechas del hemisferio occidental (las de Australia están adelantadas en un día con respecto a América).

Cuadro V

Apartamientos de la presión siguientes a los máximos de radiación solar. Dos años de observaciones

Fecha	P. Darwin	Sydney	I. Norfolk	Is. Fiji	I. Chatham	Is. Cook	I. de Pascua	I. J. Fernández	Arica	I. Guafo	V. Mercedes	R. Gallegos	Posadas	M. del Plata	Is. Orcadas	L. América
-3	—0,1	0,2	-1,2	0,4	-2,6	-0,1	—0,7	—0,3	0,0	—0,1	—0,6	—0,1	0,8	1,1	0,6	—0,5
-2	0,2	1,5	—1,1	0,0	3,4	-0,7	—0,7	—0,3	-0,2	—0,3	1,2	—1,4	0,4	1,3	1,4	1,0
1	0,0	0,8	0,2	-0,2	—3,0	0,8	-0,1	—0,4	0,0	0,3	—0,2	0,9	0,7	1,1	1,5	0,8
0	-0,2	-0,2	—0,5	—0,2	—1,4	0,8	0,1	—1,1	0,0	—1,2	-1,0	4,2	—0,3	1,0	4,6	1,2
1	—0,4	—0,1	-0,1	-0,3	—0,6	0,5	0,2	0,6	0,0	0,7	—0,5	0,3	—0,5	0,6	6,7	0,5
2	-0,3	—0,2	-0,5	—0,5	-2,0	0,4	0,6	0,2	—0,1	0,4	1,5	—0,2	0,2	0,9	2,2	0,0
3	-0,3	0,4	-0,4	—0,7	-1,9	0,5	0,2	0,6	0,3	0,5	0,6	—0,2	0,8	1,1	1,2	—0,4
4	-0,1	0,7	—0,1	-0,2	-0,5	-0,1	0,1	0,8	0,2	0,1	—0,6	—1,0	0,5	—0,3	-2,5	—0,8
5	0,2	0,6	0,4	0,0	-1,7	-0,2	-0,7	1,1	0,1	1,1	0,2	—0,7	-0,1	—1,1	—3,3	—0,5
6	0,1	-1,1	1,0	0,3	0,0	0,0	—1,4	0,7	0,0	-0,6	0,8	0,0	—0,3	—0,6	—5,1	1,0
7	0,5	-1,2	0,2	0,6	—0,5	-0,4	-0,5	0,6	0,3	-0,1	—0,4	—2,8	-0,6	—1,5	—0,2	1,7
8	0,4	0,0	0,0	0,5	0,9	-0,3	0,3	0,0	—0,2	0,6	0,3	—0,8	—0,3	—1,7	0,2	0,1
9	0,4	0,8	-0,6	—0,1	0,8	0,1	0,3	1,0	0,2	—1,7	-0,5	—2,5	0,3	-0,1	0,6	—0,5
10	0,3	-0,4	-0,7	—0,6	-0,1	-0,3	1,0	-1,3	0,3	-2,7	-1,9	—1,6	—0,3	1,1	0,3	—0,6
11	0,0	—0,5	0,0	—0,4	1,3	0,6	0,6	0,2	—0,1	—1,2	-1,7	—2,6	—1,0	—1,4	1,1	—1,5
12	0,0	0,0	0,4	—0,3	1,6	0,6	0,5	0,2	—0,2	0,8	0,4	0,2	—0,5	—0,6	—2,3	—2,0
13	0,0	—0,2	0,6	—0,1	2,7	0,6	0,0	0,0	—0,4	0,4	0,4	2,3	—0,3	1,6	—2,1	—1,6
14	—0,4	-0,1	0,8	0,2	2,7	—0,5	—0,5	0,3	-0,4	0,5	0,6	0,7	—0,6	—0,1	—0,2	—0,9
15	—0,1	0,6	0,7	0,2	2,6	—0,5	0,0	0,7	0,1	0,8	0,4	0,0	—0,2	—1,1	—0,5	0,1
16	0,2	—0,4	0,7	0,1	2,8	—0,5	—0,1	0,4	0,0	1,2	0,7	1,6	—0,5	0,1	—2,2	2,2
17	0,1	—1,1	0,5	0,4	2,5	—1,1	—0,4	—0,1	—0,4	0,3	0,8	1,7	—0,1	0,9	—2,9	0,6

Entre los días -3 y -1, en el Pacífico central, entre los 40°S y los 60°S, se advierte una muy extensa área de apartamientos negativos que se intensifica paulatinamente alcanzando hasta -4 mb en su centro. En el Atlántico occidental existe una débil y extensa área positiva que tiende a incrementarse en la región oriental de la Antártida.

El día 0, como puede verse en la figura 22, muestra una fuerte área positiva en el mar de Wedell, que se extiende hasta la costa este de la Patagonia, y el área negativa en los 50°S, en el Pacífico central, cuya intensidad no puede determinarse con precisión. La región tropical del Pacífico presenta apartamientos positivos, así como el continente Antártico.

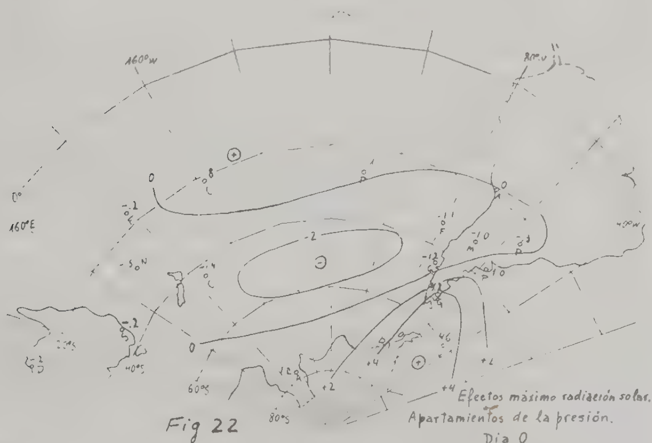


Fig 22 Efectos máximo radiación solar. Apartamientos de la presión. Dia 0

Al día siguiente el área negativa semeja debilitarse para intensificarse nuevamente el día 2 en la región al sudeste de I. de Chatham. Mientras tanto, la zona positiva del mar de Wedell tiende a alejarse hacia el este. Entre los días 1 y 2 aparece un núcleo positivo (1.5 mb) que cruza el centro argentino desde el sur de J. Fernández para llegar el día 3 al Atlántico.

El día 3 presenta un aumento de superficie ocupada por el área de defecto en la presión y la formación de un centro negativo secundario al sudoeste de Tierra de Fuego. Este centro aumenta de magnitud el día 4, pasando a situarse sobre el meridiano 55°W

y latitud 63°S. El núcleo positivo del centro argentino pasa a fundirse con el área positiva del Atlántico.

El núcleo negativo principal aumenta de valor el día 5, el centro secundario marcha hacia el nordeste y aparecen dos áreas positivas, una sobre la costa central-sur chilena y otra en aguas australianas.

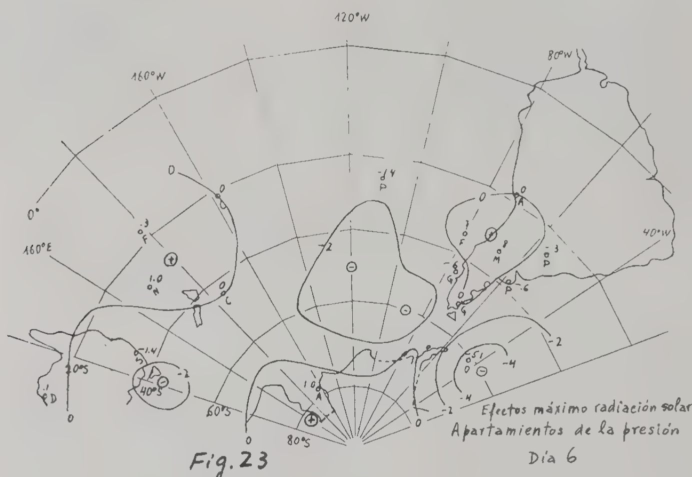


Fig. 23

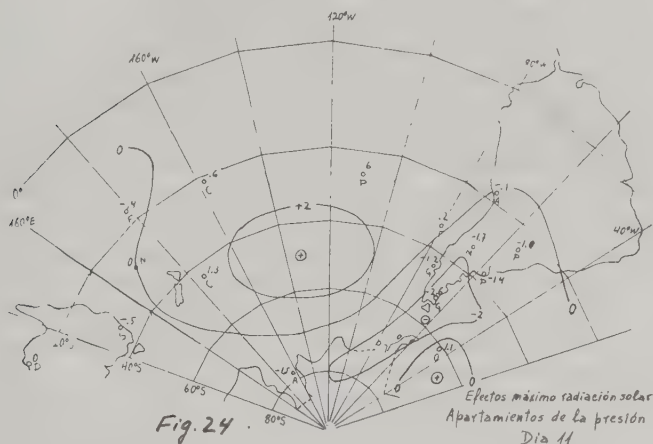
En el día 6, que se presenta en la figura 23, el núcleo principal se ha dividido en dos y ha marchado hacia el este. En la Antártica aparece un área positiva que va aumentando en intensidad.

La situación del día siguiente, el 7, muestra una apariencia más complicada. Hay cuatro centros negativos en una faja de defecto, uno sobre Tasmania, otro al sudoeste de Pascua, el tercero al sur de Tierra del Fuego, y el cuarto en el Atlántico sur entre los 50°S y los 60°S; el área positiva de la Antártida ha aumentado en magnitud y extiende dos lomos, uno al norte del mar de Ross y otro sobre el mar de Wedell.

Entre los días 8 y 10 la evolución continúa con el desplazamiento hacia el este noreste del área negativa que el día 7 ocupaba el Pacífico sudeste, en la cual se observa la generación de núcleos secundarios que pasan por sobre el sur de la región patagónica con rumbo al Atlántico. Mientras tanto, el área positiva avanza hacia el NNE desde el mar de Ross para convertirse en un gran núcleo

independiente situado sobre el Pacífico central con su eje latitudinal sobre los 50°S.

La figura 24, que corresponde al día 11, muestra el final del pasaje del área negativa. En los días que siguen el área positiva se extiende hacia el este hasta el Atlántico occidental.



Conviene hacer notar que con excepción de Orcadas, pocas veces los apartamientos de la presión, en las estaciones utilizadas para este trabajo, exceden el valor de 3 milibares en más o en menos con respecto al de la presión media. En Orcadas el máximo valor absoluto observado en el apartamiento de la curva de presiones, fué de 6.7 mb el día 1. El cuadro V da los valores del apartamiento con respecto a la media de los dos años de observación, para cada estación y para cada fecha americana desde 3 días antes hasta 17 días después del máximo de radiación solar.

Cabe hacer notar que los resultados que arrojan los cómputos presentes coinciden aproximadamente con los de investigaciones anteriores que el autor publicó en diversos trabajos aparecidos en los Anales de la Sociedad Científica Argentina, en particular, « Algunas investigaciones sobre circulación atmosférica » de junio 1944.

Es evidente que la pequeña relación entre las variaciones de los valores de la radiación solar, que la Smithsonian Institution proporcionó, y el valor de la presión (el caso particular de los má-

ximos que se estudian en el presente trabajo tiende a confirmarlo), no la hace, en su estado actual, un elemento importante para pronosticar. Si bien es cierto que algunos apartamientos en la región austral a veces exceden los 3 ó 4 milibares, las variaciones diarias con respecto a la media alcanzan valores notablemente superiores, y anulan la significación de esta influencia.

Desde un punto de vista muy general podríamos decir, intentando definir perspectivas, que deben esperarse índices circulatorios más pronunciados que lo medio, en el Pacífico, entre los días — 2 y 9; mientras que son de esperar índices más débiles que lo normal entre el 11 y el 17. Aun así, esto debe tomarse con cuidado porque la consecuencia anterior se refiere a resultados promedios, de los cuales es común que los casos particulares se alejen considerablemente.

También fueron motivo de investigación las oscilaciones de la radiación solar que preceden a los máximos y mínimos gradientes latitudinales de la presión en la Patagonia. el método de análisis fué el mismo que el aplicado a las oscilaciones de la presión que se indica en los capítulos pertinentes.

En ambos casos, la comparación de las oscilaciones registradas en 1936 con las de 1939 arrojaron resultados similares siendo las curvas análogas en lo fundamental. En el caso de los máximos de gradiente la radiación solar muestra un pico positivo entre 6 y 5 días antes de aquel y un seno en la curva 11 días antes. En la figura 25 se muestra la evolución de la radiación solar, la de la presión en Sidney, I. Chatham, y la de Río Gallegos. Cabe hacer notar que el pico en la onda de la radiación es demasiado pequeño (anomalía igual a 0,002 cal. gram./min. c^2) para ser significativo con miras a la previsión.

En cuanto a los mínimos de gradiente latitudinal en la Patagonia, las curvas de la radiación muestran dos máximos, uno entre 17 y 18 días antes (que no aparece en la figura 26) y otro casi simultáneo con el mínimo de gradiente.

Si desplazamos las curvas del mínimo hasta que el máximo de presión en Río Gallegos coincida con el máximo que precede a los grandes gradientes latitudinales en la Patagonia, ambas curvas (como lo muestran las figuras 25 y 26) coinciden en sus oscilaciones principles y el seno negativo que sigue al mínimo de gradiente corresponde al instante de los máximos gradientes en la curva de

figura 25. En cuanto a las curvas de la radiación, el desplazamiento anterior coloca ambos picos positivos en coincidencia.

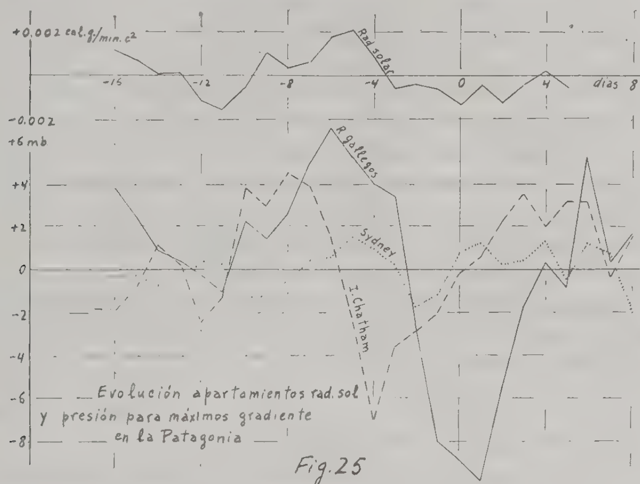


Fig. 25

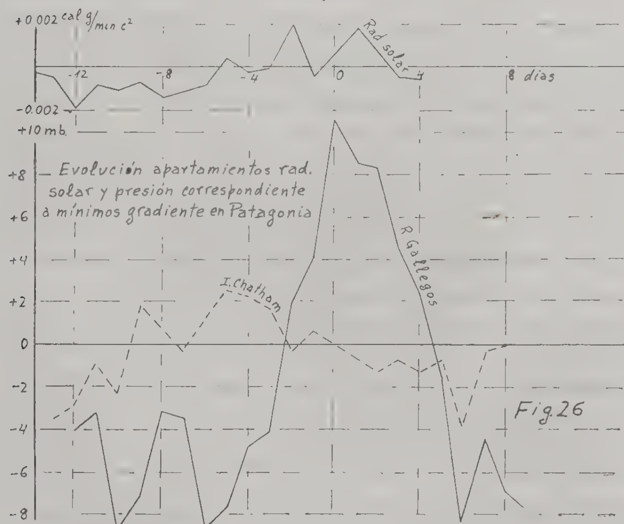


Fig. 26

En ambas figuras mencionadas (cuyos apartamientos están referidos a la media del intervalo indicado en las abscisas), pueden

notarse además lo siguiente: en la 25 que el área depresionaria que da lugar a los grandes gradientes latitudinales en la Patagonia no proviene del oeste (la curva de Syney no la acusa como tal) sino que se genera en proximidades de la I. de Chatham. En la la figura 26, que se refiere a los mínimos de pendiente barométrica, puede verse que la relación entre los picos positivos en Chatham y en Río Gallegos es pequeña, esto es, que las invasiones de aire polar que ocasionan dichos mínimos pasan principalmente por la mitad oriental del Pacífico Sur y proveniendo, probablemente, de la Antártida.

La correspondencia de los máximos de radiación de ambos cálculos, así como la similitud de las oscilaciones de la presión en Río Gallegos y las de la radiación solar, en el caso de los máximos de gradiente, sugiere de nuevo un cierto grado de intercorrelación entre las dos variables.

Capítulo VI

CONCLUSIONES

Las investigaciones realizadas muestran que es factible prever las características de mayor significación del tiempo futuro en el extremo austral de Sur América y aguas adyacentes con una anticipación de unos 6 a 8 días.

El primer capítulo versa sobre la circulación atmosférica en la porción de hemisferio sur comprendida entre los 40° W y los 160° E, pasando por los 180°, y proporcionó la base para los estudios posteriores, donde se emplearon las presiones relativas de circulación en lugar de las presiones barométricas medias. Ello se debió a que deseábamos analizar las alteraciones que se registraban sobre la circulación general real, precediendo y siguiendo a los fenómenos particulares en estudio, en lugar de emplear los valores medios del barómetro cuyos gradientes no coinciden con los flujos resultantes del aire. Por este motivo fué necesario efectuar una integración de las líneas de corriente en base a la velocidad y fuerza de los vientos resultantes; estas líneas de corriente pueden asimilarse en cierto modo a isobaras, atribuyéndoles valores que hemos denominado « presiones relativas de circulación ». El punto origen de estas magnitudes se eligió arbitrariamente, pero las presiones relativas atribuídas (milibares) reproducen en su gradiente, la dirección y

fuerza de los vientos resultantes observados, corregidos por velocidad y deflexión.

En la carta de figura 4 puede notarse la generación de los alisios a partir de la zona de alta presión en latitud 30°S, así como el flujo de aire que desde las zonas templadas pasa a las regiones tropicales en las aguas vecinas a Chile. En el caso del Atlántico, a la inversa, puede verse el transporte de aire desde la zona tropical a la templada en las aguas al este de Sur América.

En las latitudes circumpolares hay dos regiones de circulación ciclónica, una próxima a las islas Orcadas y otra en el Océano Antártico al nordeste de Little América.

En el segundo capítulo, en el cual hemos investigado la generación de los máximos de gradiente latitudinal de la presión sobre la región patagónica, se pudo determinar que las depresiones que lo originan son engendradas en la región subantártica al sureste de la isla de Chatham. La generación del campo barométrico depresionario es seguida por una elevación de la presión en el continente polar, la cual se extiende hacia el norte entre los meridianos 170°W y 160°E para luego irse desplazando hacia el oriente y pasando después por el extremo austral de Chile y la Argentina.

Conviene hacer notar que la morfología general de la evolución correspondiente a los máximos de gradiente latitudinal en la Patagonia y la de los efectos de los máximos de radiación solar (Capítulo VI) son similares. En ambos casos hay primero una generación de una zona de anomalías negativas en el Pacífico austral mientras se registran apartamientos positivos en el Sur de América y en el Atlántico sudoccidental. Las zonas depresionarias se trasladan luego hacia el este en tanto que en la Antártica la presión crece, para derramarse después hacia el norte, a la altura del meridino 180° y marchar posteriormente con rumbo al este. La diferencia de fechas relativas no es absolutamente constante pero oscila, en general, entre 3 y 5 días. Por ejemplo, la fecha relativa 0 de las cartas correspondientes al máximo de radiación corresponden al día — 3 de las cartas del máximo de gradiente latitudinal en la Patagonia. La carta del día 7 de los máximos de radiación es similar a la del 2 en la serie de los máximos de gradiente.

La comparación entre las curvas de los apartamientos en Río Gallegos, correspondientes a los máximos y mínimos de gradiente en la Patagonia (Capítulo III) muestra una similitud de evolución en

sus partes comunes (10 días) de notable coincidencia, como puede verse en las figuras 25 y 26. El día — 6 de la curva de máximos de gradiente coincide con el día 0 de la curva de mínimos. Asimismo, el seno negativo del día 6 en esta última coincide con el seno que da lugar a los máximos de pendiente barométrica sobre la Patagonia. El orden de magnitud es tal que la primera curva (la de los mínimos) ofrece un medio de suficiente confianza para pronosticar. Por otra parte, el mínimo de gradiente es también precedido, con 6 días de anticipación, por un seno bien pronunciado en la curva de presiones de Río Gallegos (fig. 26).

En el caso de las menores pendientes latitudinales, la zona de generación de los fenómenos que los provocan parece encontrarse entre los 120°W y los 80°W, en la región del sur de los 50°S. El proceso general de formación es análogo a los casos anteriores (máximos solares y de gradiente) esto es, primero se observa un área depresionaria que pasa por el sur de Tierra del Fuego, viniendo del oeste, luego una zona positiva se manifiesta en el Pacífico sudoccidental, aunque esta vez de intensidad comparativamente débil, para luego intensificarse al llegar a la costa sudamericana. Esta área de alta es seguida posteriormente por otra depresionaria que se origina en el Pacífico central austral. Las áreas negativas que preceden y acompañan a la positiva que da lugar al mínimo de gradiente tiene tendencia a ocupar latitudes relativamente bajas (30°S).

El capítulo IV versa sobre el análisis sinóptico de las medias móviles de 5 días de la presión. Este estudio provee elementos como para efectuar previsiones a largo plazo, sin embargo, con la ayuda de lo investigado anteriormente podremos controlar la previsión y aun extenderla algo más en el futuro. La identificación de una determinada morfología con las situaciones que caracterizan los fenómenos que preceden a los máximos y mínimos de gradiente meridional en la Patagonia permitirá prever, independientemente del método sinóptico, las perspectivas del tiempo. Este último análisis requiere un estudio que abarque un mayor intervalo de tiempo, pues el analizado por el autor es relativamente corto. Sin embargo las presunciones son de que lo que se establezca en definitiva no estará muy alejado de lo que hemos deducido.

Así por ejemplo, la conformación de las anomalías del día 19 de agosto, empleado para el ejemplo, presenta una buena analogía con

la carta del día — 5 de la serie correspondiente a los máximos de gradiente sobre la Patagonia. Esto vale tanto para los apartamientos de la presión como para las líneas de corriente. La carta del día — 5 presenta dos células anticiclónicas, una sobre Australia y otra entre I. de Pascua y la I. de Juan Fernández; hay una incurvación ciclónica de las corrientes de aire sobre Chatham y vientos del suroeste en el Atlántico. Hay también un área de anomalías negativas de la presión en el Pacífico sudoccidental y una positiva al sursuroeste de Sud América.

La carta del 19 de agosto de 1939, presenta asimismo, dos áreas anticiclónicas, una débil entre las islas de Norfolk y Fiji, y otra más fuerte entre J. Fernández y la costa chilena. Hay una incurvación ciclónica en la línea de corriente en la región de I. Chatham y corrientes del suroeste en el Atlántico. En cuanto a las anomalías de la presión, existe un área negativa con centro en el sur de Nueva Zelandia y otra positiva sobre la Patagonia. Es decir la similitud es suficientemente buena.

Si en base a esa similitud pronosticamos que el máximo de gradiente latitudinal sobre la Patagonia ocurrirá 5 días más tarde (pasaje de un área depresionaria), daremos como fecha pronóstico el día 24 de agosto. Este pronóstico coincide con la previsión obtenida en el ejemplo del capítulo IV. La evolución ulterior a esperar, deducida en base a la secuencia de cartas de los máximos de gradiente, también sitúa al área depresionaria el día 3 (o sea el 27 de agosto), un poco al este de las Orcadas, con un extendimiento de las áreas anticiclónicas hacia las latitudes altas. Los valores de I_m son mayores en las cartas de la serie máximos que en las pronosticadas.

Cabe observar que la carta del día 1 de la serie correspondiente a los mínimos de gradiente también puede asimilarse a la del 19 de agosto, con lo cual arrojaría como fecha del paso de un área depresionaria el día 6 (esto es el 24 de agosto). Como se ve, ambas conclusiones son similares.

El proceso aplicativo del pronóstico a largo plazo que motiva este trabajo requiere, además de una cierta experiencia del operador, el conocimiento de las características predominantes del tiempo asociadas con las distintas morfologías de los campos barométricos y circulatorios, en sus medias móviles de 5 días, así como los fenómenos que aparecen ligados a la transición de un tipo a otro.

La interrelación que existe en las morfologías de distribución de las medias móviles de 5 días de la circulación y de las anomalías barométricas y las cartas sinópticas diarias, unida a las cartas diarias previstas para el día siguiente y subsiguiente, permitirá dibujar, en la mayor parte de los casos, las cartas sinópticas diarias, por lo menos para los primeros cuatro días cubiertos por el pronóstico.

Washington, D. C., 12 de noviembre de 1946.

FOSILES DE LA FORMACION DEL DIVISADERO LARGO

POR

JOSE LUIS MINOPRIO [1]

I

INTRODUCCION

A unos seis kilómetros al Oeste del Cerro de la Gloria y sólo a ocho de la Ciudad de Mendoza, en el paraje denominado Divisadero Largo, se encuentra un interesante perfil geológico, comprendido entre éste y la antigua Mina Atala, que está constituído por estratos del Triásico y del Terciario, que desde Stappenbeck (1910) ha atraído la atención de los estudiosos. En efecto, el autor citado asevera la existencia de una formación que él considera de edad cretácea, al Poniente del Rético, dentro de cuyo Rético está ubicada la Mina Atala de esquistos bituminosos.

Durante la Segunda Reunión de la Sociedad Argentina de Ciencias Naturales realizada en Mendoza, en 1936, la edad de algunos de estos terrenos fué objeto de amplias discusiones, extra-congresales entre los participantes de él y también se hizo una corta visita a esta zona. Con motivo del interés demostrado, el Sr. Adrián Ruiz Leal, distinguido botánico mendocino, al recorrer posteriormente dicho paraje para coleccionar plantas, puso especial empeño en la búsqueda de fósiles y tuvo la suerte de hallar, en el mes de junio del mismo año, la cabeza del fósil que se ilustra en las fig. 5. En 1943, cuando el Dr. Olivo Chiotti inició su trabajo de tesis para el Doctorado en Mineralogía y Geología, realizado en esta zona, pude comunicarle el hallazgo del Sr. Ruiz Leal, el que a su vez, amablemente le cedió otra pequeña cabeza que había obtenido en una oportunidad sucesiva. En 1945 el Dr. Chiotti entregó al Dr. Angel Ca-

[1] Doctor en Medicina y en Ciencias Naturales (Zoología). Presidente de la Filial Mendoza de la Sociedad Científica Argentina.

brera del Museo de La Plata, otros restos más para que fueran determinadas. Recientemente, en 1946, llevé al Director del Museo «Cornelio Moyano» de la Ciudad de Mendoza, don Carlos Rusconi, quien también ha encontrado algunos restos que tiene actualmente en estudio.

Personalmente, en diversas oportunidades, he podido reunir algunas piezas que, aunque muy fragmentarias, estimo suficientes para una determinación aproximada de la edad de la Formación del Divisadero Largo. En lo que respecta a la sucesión de estos terrenos, me he guiado por los planos levantados con plancheta por el Dr. Chiotti (1946) y que corresponde a los anexos de su tesis, aun inédita. También he sido asesorado geológicamente por el Dr. Emiliano Aparicio, de lo cual quiero consignar aquí mi agradecimiento.

II

SITUACION DEL YACIMIENTO FOSILIFERO Y DESCRIPCION DE LOS TERRENOS

Como se dijo anteriormente, a unos ocho kilómetros al Oeste de la Ciudad de Mendoza aflora la llamada Formación del Divisadero Largo; para llegar a ella, desde el pie del Cerro de la Gloria, se toma hacia el Poniente, el desvío que conduce a la represa de Papagayos, se la cruza y después de bordear la loma se cae al arroyo seco que conduce a la Mina Atala. Este camino se encuentra actualmente en muy buenas condiciones, por estar estos esquistos bituminosos nuevamente en explotación; puede llegarse hasta la mina cómodamente en auto. Aun cuando todavía el lecho del arroyo es transitable por carruajes hasta un poco más arriba, es preferible hacer alto en las instalaciones de la mina y efectuar el corto recorrido restante a pie.

Siguiendo la quebrada del curso del arroyo, se puede observar la sucesión de los estratos que está descripta en el plano adjunto, de la memoria del Dr. Chiotti y que va en la Fig. 1, al cual le he agregado muy escasos datos necesarios para este trabajo. La serie es la siguiente a partir del Este de las inmediaciones de la Mina Atala:

a) Areniscas, sin estratificación manifiesta (Serie de areniscas inestratificadas), de grano mediano, de consistencia también

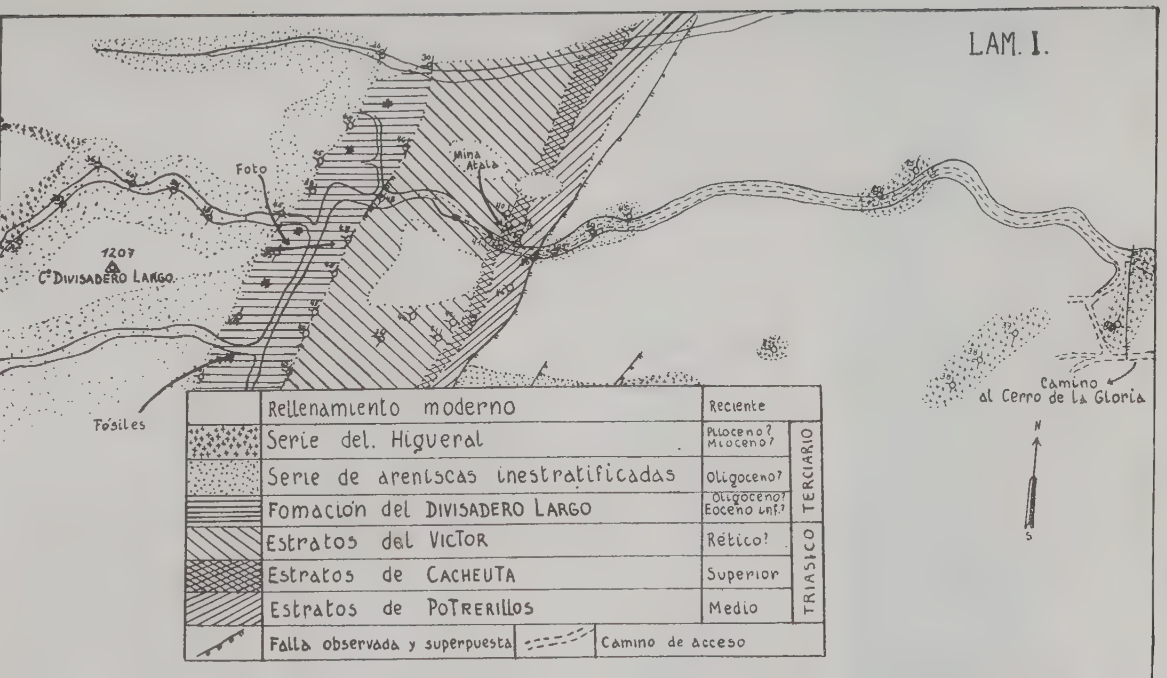

LAM. I.
Mina Atala
Foto
1207
Cº DIVISADERO LARGO
Fósiles
Camino al Cerro de La Gloria
N
S
Rellenamiento moderno
Reciente
Serie del. Higueral
Plioceno? Mioceno?
TERCIARIO
Serie de areniscas inestratificadas
Oligoceno?
Fomación del DIVISADERO LARGO
Oligoceno? Eoceno inf.?
Estratos del VICTOR
Rético?
TRIASICO
Estratos de CACHEUTA
Superior
Estratos de POTRERILLOS
Medio
Falla observada y superpuesta
Camino de acceso

Fig. 1.

mediana, de color grisáceo castaño y posiblemente de edad oligocénica.

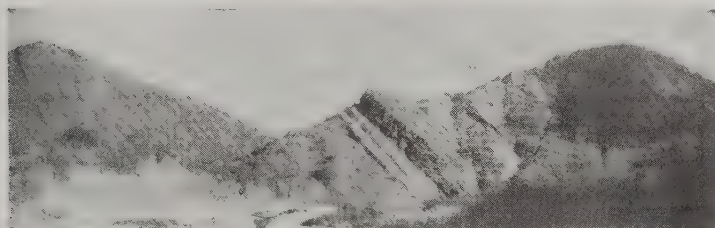
b) Frente al actual horno de ladrillos y por lo tanto un poco antes de la mina se asoman los Estratos de Potrerillos, separados de las areniscas antes descriptas por una falla de gran rechazo, los que están formados por tobas a veces arenosas, otras también arenosas, pero con intercalaciones, en parte, de areniscas o conglomerados, de edad referidas al Triásico medio.

c) Concordantemente con los Estratos de Potrerillos, aparecen los de Cacheuta, compuestos principalmente aquí por esquistos bituminosos (Mina Atala). Estos esquistos presentan gran cantidad de restos de *Estheria forbesi* Jones y escamas de peces Ganoideos. Siguen, dentro de esta formación, esquistos-arcillo-tobáceos de color pardo amarillento claro, que alternan con delgadas capas de areniscas y bancos bentoníticos. Estos estratos, cronológicamente, mejor conocidos, son referidos al Triásico superior. (Frenguelli 1944).

d) Siguen, también en concordancia, los llamados Estratos del Víctor, referidos con reserva al Rético y constituídos por conglomerados y areniscas varicolores que alternan con arcillas esquistosas y arcillas con nódulos de yeso. Termina esta formación con una arenisca tobácea a veces roja, otras amarillenta, de grano mediano fino, de mucha consistencia y que contiene cristales blanquecinos de feldespatos y cristales de cuarzo.

e) Luego de una muy leve discordancia angular y de erosión, los Estratos del Víctor se continúan a la altura del llamado « primer salto » en un conglomerado fino, violáceo, con rodados de cuarzo, en el que también se observan cristales de feldespato caolinizados y pajuelas de mica. Este conglomerado forma la base del primer salto del arroyo, que en esta altura está formado por un hilo constante de agua, alimentado por vertientes más altas y también con él se inicia, de este lado, la llamada « Formación del Divisadero Largo ». Al primer conglomerado le siguen areniscas rojizas, de color chocolate y de grano variable cuya constitución litológica se detalla en (1) del esquema de la fotografía de la fig. 2, la que comprende la mayor parte de esta Formación del Divisadero Largo, con lo que se ha tratado de hacerlo más objetivo y al mismo tiempo para que sirva de mayor orientación. La base del « tercer salto » está constituída por otra arenisca de color chocolate, muy tenaz, de grano fino, para seguir después areniscas varicolores,

llegándose así, nuevamente a las areniscas llamadas « inestratificadas » del Oligoceno.



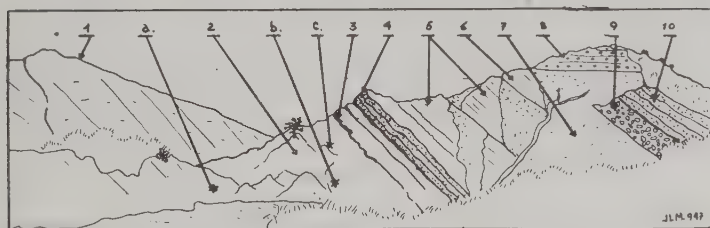


Fig. 2.

1: Arenisca de color chocolate, de grano mediano, tenaz y algo micácea. 2: Arenisca pardo-grisácea, de grano mediano, algo suelta y menos micácea que la anterior. 3: Calizas grises blanquecinas, rodeadas de arcilla arenosa de color pardo o rosácea-grisácea. 4: Arenisca pardo-rojiza o chocolate, de grano mediano y de mucha consistencia. 5: Areniscas sueltas de colores rojizos. 6: Arenisca gris, grano mediano a grueso, suelta y con impregnaciones ferruginosas. 7: Derrumbe reciente. 8: Cuaternario aluvial, sedimentado en discordancia sobre las formaciones siguientes. 9: Conglomerado de origen aluvial, poco compacto, de color gris-verdoso. 10: Arenisca gris de grano fino y de consistencia mediana, a la que siguen hacia el oeste una arenisca de color chocolate, tenaz, de grano fino, otras de color rojo-violáceo, de grano mediano, de buena consistencia, y después otras pardo-grisáceas, de grano fino y de poca consistencia.
a: Fósil de caparazón de tortuga. *b*: Fósil de *Interatherium* sp. *c*: Fósil de *Prohegetotherium carettei.*

En la fotografía y en el esquema citado, anteriormente, se consignan también los principales accidentes de estos terrenos y se indican los puntos donde se encontraron los fósiles, lugares que también se detallan en el mapa de la fig. 1. Los fósiles se suelen encontrar a unos treinta metros al Este de las areniscas color chocolate que están indicadas con el Nº 4 en el referido esquema.

III

YACIMIENTO FOSILIFERO

Siguiendo, como se ha consignado, el afloramiento de las areniscas rojo-castaño y chocolate, a unos treinta metros al Este se encuentran « in situ » restos fósiles, los que continúan al ser arrastrados, más abajo hasta el lecho del arroyo. Los restos fósiles son relativamente abundantes, después de los días de grandes lluvias, pero en general, son incompletos dando la impresión de haber sido abandonados después de un prolongado arrastre por los antiguos cursos de agua. Algunos se presentan hasta fracturados por los movimientos que sufrieron estas areniscas, las que presentan muchos espejos de fricción.

Además de los restos que se describen en este trabajo. las piezas halladas hasta hoy, en este lugar, son las piezas entregadas por el Dr. Chiotti al Dr. Cabrera; otras en el Museo « Cornelio Moyano » de Mendoza.

Los fósiles detallados en este trabajo comprenden (1):

1. — Una cabeza de *Prohegetotherium*, coleccionada por el Sr. Adrián Ruiz Leal.

2. — Un diente de Cocodrilo, coleccionado por el Dr. Arturo Corte y su señora.

3. — Un fragmento de mandíbula de *Interatherium*, coleccionado por el autor.

4. — Un fragmento de mandíbula de *Paramacrauchenia*, coleccionado por el autor (referido con reserva).

5. — Una caparazón, casi completa de Tortuga, coleccionada por el autor.

6. — Una cantidad relativamente grande de piezas que, a pesar que dan la certeza de tratarse de restos de animales de mayor talla, no han permitido una determinación con precisión.

Afortunadamente el fósil reconocido por el Sr. Ruiz Leal es una pieza valiosa, que de por sí permite una determinación segura y que pertenece a un género cronológicamente muy característico, por

(1) Posteriormente, frente a *Papagallos*, he podido extraer un cráneo, posiblemente de *Prohyracotherium* sp.

lo que ha sido depositada, *como tipo*, en el Museo Argentino de Ciencias Naturales « Bernardino Rivadavia », en Buenos Aires. A continuación se dará su diagnosis:

Orden : NOTUNGULATA
Suborden : TYPOTHERIA
Familia : *Hegetotheriidae* Ameghino
Género : *Prohegetotherium* Ameghino
Prohegetotherium Amegh., 1897. Bol. Inst. Geogr. Argent. XVIII, p. 424.
Especie : *Prohegetotherium carettei* sp. nov. ([2])

Se caracteriza esta especie, principalmente, por tener los premolares y molares superiores provistos de un surco en su cara externa, el que se hace cada vez más profundo de adelante hacia atrás y está colocado casi en la parte media del diente; los i^2, i^3 y c^1 y el i_3 y c_1 tienen forma subcilíndrica y están relativamente bien desarrollados. Estas características lo colocan filogenéticamente antes que *P. sculptum* Ameghino (1897) y quizás también de *P. shumwayi* Loomis (1914), con los cuales se compara en la figura siguiente:

Prohegetotherium sculptum....
Prohegetotherium shumwayi....
Prohegetotherium carettei..

(Tamaño natural).

Como indica el esquema que antecede *P. sculptum* es de mayor tamaño, tiene el surco profundo y situado en la parte externa de los molares superiores y cerca del margen anterior. En *P. shumwayi* el surco es poco profundo y situado muy adelante, en los premolares y molares superiores. En *P. carettei* este mismo surco se en-

([2]) Dedicado al Dr. Eduardo Carette †, en 1946. Distinguido naturalista paleontólogo que actuó en Mendoza; tuvo en estudio esta pieza, pero su enfermedad le impidió ocuparse. (N° 16.609 del catálogo Sec. Pal. Mus. Bernardino Rivadavia).

LAM. III.

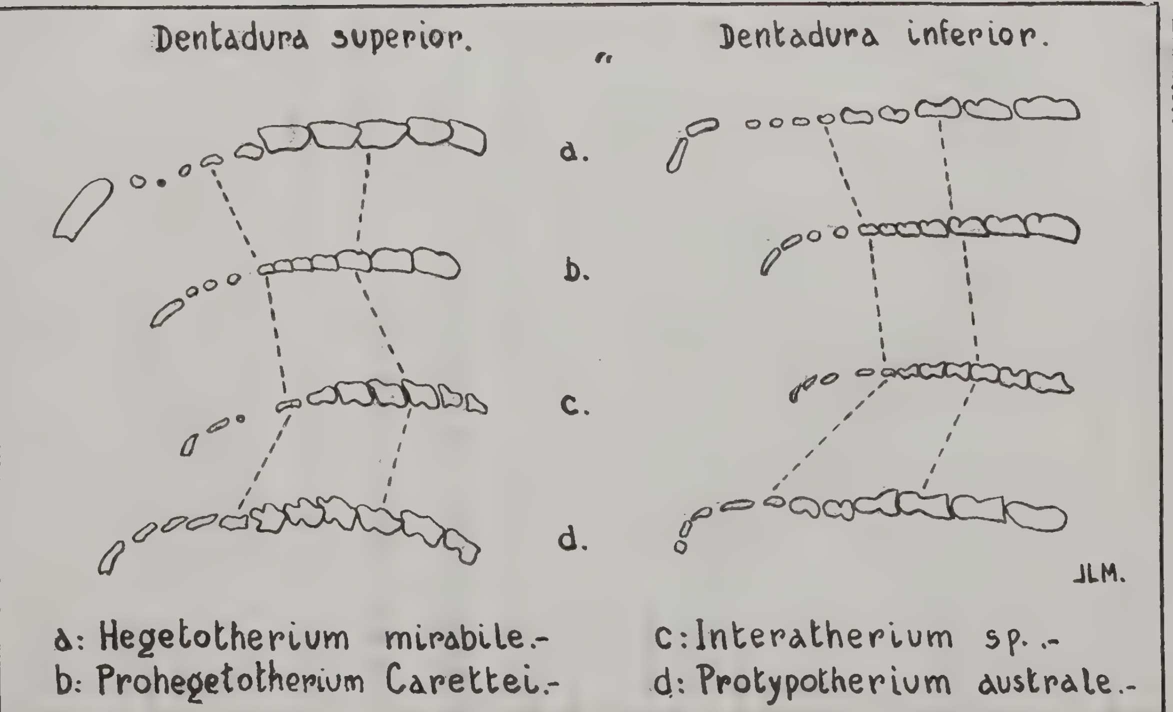

Dentadura superior.
Dentadura inferior.
a.
b.
c.
d.
JLM.
a: Hegetotherium mirabile.-
b: Prohegetotherium Carettei.-
c: Interatherium sp.-
d: Protypotherium australe.-

Fig. 3.

cuentra en los premolares y molares superiores, cerca de la parte media de la cara externa y es cada vez más profundo de adelante hacia atrás. Aparte de las características del surco, la pieza presenta los razgos de género *Hegetotherium*, del que se diferencia por su menor tamaño; además que *Hegetotherium* no presenta los surcos en la cara externa de los molares superiores, Ameghino (1897). El género *Hegetotherium*, como se sabe, se caracteriza por tener dentadura de fórmula: $i\,\frac{3}{3},\ c\,\frac{1}{1},\ pm\,\frac{4}{4},\ m\,\frac{3}{3}$ de los cuales el i^1 tiene un marcado desarrollo, siendo los i^2, i^3 y c^1 casi rudimentarios; el pm^1, también reducido, está encorvado sobre el pm^2; las muelas

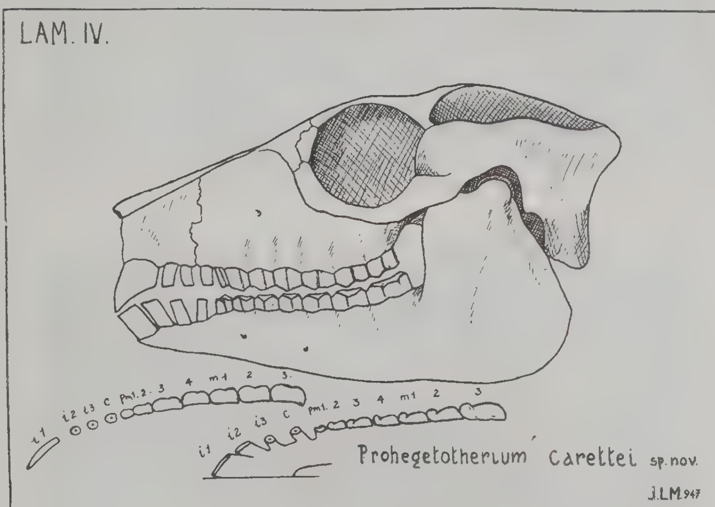


FIG. 4.

superiores son de sección elíptica con cara externa ondulada y sin pliegues entrantes del esmalte. En el maxilar inferior, los dos primeros incisivos están medianamente desarrollados y el i_3 y c_1 de iguales características que los superiores; aun cuando en la descripción genérica no pudo determinarse ésto con exactitud, por insuficiencia de material, Ameghino (1898). Los premolares y molares están divididos, en la cara externa por un surco entrante del esmalte, siendo la parte posterior mucho mayor que la anterior, salvo el m_3, que

presenta un indicio de trilobulación, la cual es más o menos marcada según las especies. *Prohegetotherium carettei* sólo presenta un esbozo de esta trilobulación.

En la fig. 3 tomada de Loomis (op. cit., pág. 56-57) parcialmente, se compara a *Prohegetotherium carattei* con las especies más próximas y de dentadura completa.

La reconstrucción, lo más exacta posible, de fig. 4 y las fotografías en tamaño natural que van en fig. 5, hacen innecesario consignar muchas medidas, siendo suficientes las siguientes:

desde punta del i^1 al occipital = 71 mm.
desde el nacimiento del m^3 (borde posterior) hasta el borde anterior del nacimiento del i^1 = 45 mm.
desde el borde posterior del nacimiento del m_3, hasta el borde anterior del nacimiento del i_1 = 39 mm.

Procedencia. — Como se ha consignado anteriormente, esta pieza fué descubierta por el Sr. Adrián Ruiz Leal en 1936, en la zona del Cerro Divisadero Largo, a unos ocho kilómetros al Oeste de la Ciudad de Mendoza.

Horizonte. — Formación del Divisadero Largo. El género *Prohegetotherium* procede de la zona con *Pyrotherium* de la Patagonia (Horizonte Deseadense, de Kraglievich, 1930). Ameghino lo atribuye al Eoceno inferior, Loomis lo coloca en el Oligoceno inferior (op. cit., p. 10-17-18).

A este respecto debe considerarse que el género de referencia es típico de la « Fauna de *Pyrotherium* », que Ameghino (1906) estima mucho más antiguo que la mayoría de los autores más modernos. W. B. Scott (1937) lo coloca en el Oligoceno superior, Windhausen (1931) en el Eoceno superior y Simpson (1945) en el Oligoceno inferior.

Sea como fuere, no cabe duda que las capas del Divisadero Largo se pueden paralelizar provisoriamente con el Deseadense o con el Horizonte con *Pyrotherium*.

Descripción de las demás piezas. —

I. Un fragmento de mandíbula que tiene pm_2, pm_3, pm_4 y m_1, que refiero al género *Interatherium* (fig. 6: *c* y *c'*). ***Interatherium*** sp.

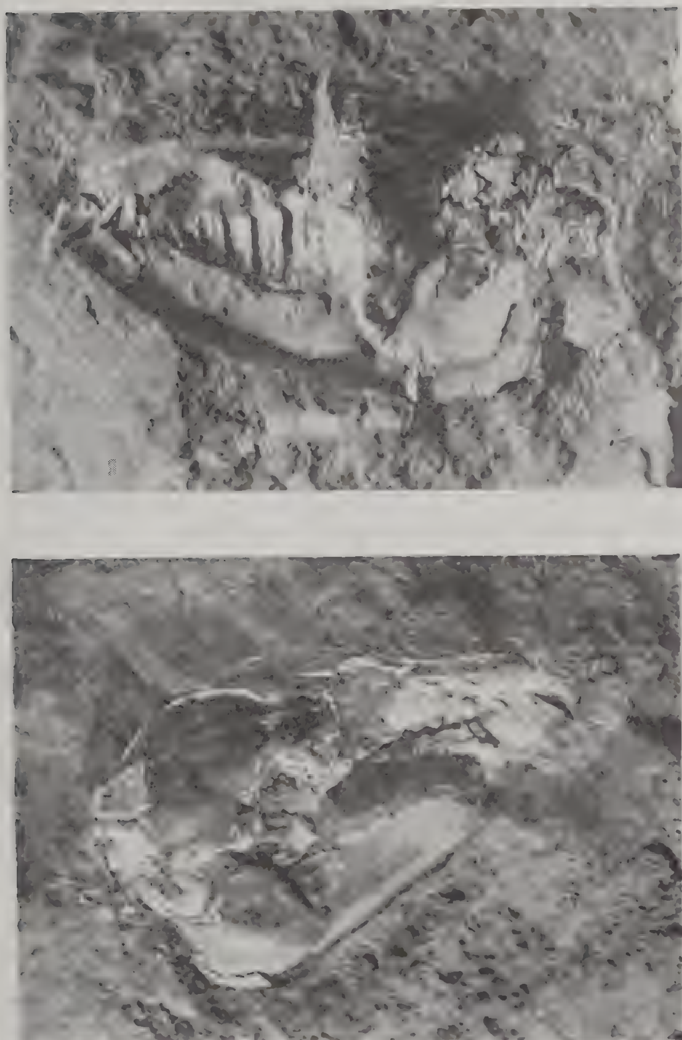


Fig. 5.

Nótese el desarrollo de los incisivos y el surco externo en premolares y molares.

II. Un fragmento de mandíbula, con pm_3, pm_4, m_1, m_2 y m_3, que atribuyo, con reserva, a *Paramacrauchenia* Bordas (1939) sp. aff. *P. unica* Bordas (Fig. 6: *d* y *d'*).

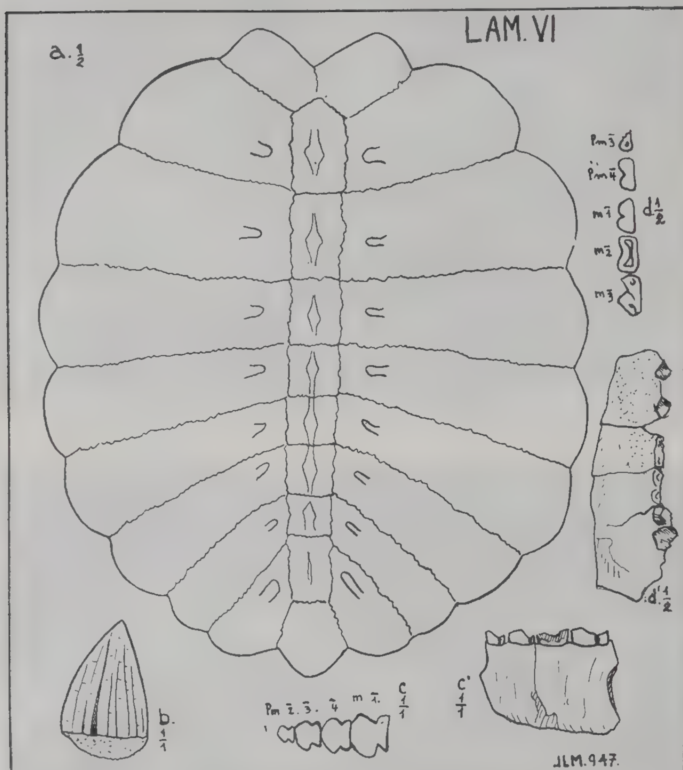


Fig. 6.

III. Una caparazón, casi completa, de Tortuga y un diente de Cocodrilo que se reproducen en la Fig. 6, *a* y *b*, respectivamente, las cuales no se determinan por falta de bibliografía apropiada y material de comparación. Igualmente que las piezas anteriores, han sido entregadas al Museo « Bernardino Rivadavia ».

IV

CONCLUSIONES

Con el hallazgo de estos fósiles y su referencia provisoria al Desaedense o fauna con *Pyrotherium,* se da una cronología a la Formación del Divisadero Largo, la que será de gran utilidad para la correlación con los otros afloramientos del Terciario, los que en estas zonas son bien pobres de fósiles.

La existencia de restos de Cocodrilos y Tortuga, hacen pensar en la antigua existencia de un ambiente lacustre o fluvial y en un clima subtropical, a lo que contribuye en parte, también, la existencia de conglomerados.

Summary: A tipical fossil of the *Divisadero Largo of Mendoza* (R. A.) tipe, considered as *Prohegetotherium carettei* sp. nov., based upon the dental characteristic of *Prohegetotherium genus.* It also has a furrow in the upper fore and rear molars. This furrow is ratter deep near the middle marking a difference from other hegetoteriums (Se picture). This formation is correlative with Deseadense Formation of Loomis or *Pyrotherium* bed in patagonia. I think this has great impoertanc eas to marking chronological references to the layers of the one. This ore deposit contains basides ohter fossils: a jaw bone of *Interatherium* sp., a jaw bone of *Paramacrauchenia unica* Bordas, sp. aff.; a totoise shell and a crocodile tooth, giving the impression of an ancient sorrounding of sub-tropical fluvial or lacustria district.

Patricias Mendocinas 771
Mendoza - Rep. Argentina

Bbliografía

1. Ameghino, F. 1897. — « *Prohegetotherium* Amegh. ». *Bol. Inst. Geog. Argen.* XVII, p. 424.
2. Ameghino, F. 1898. — « Contribución al conocimiento de los Mamíferos fósiles de la República Argentina ». *Act. Ac. Nac. de Cien. de Córdoba.* VI, p. 436-438, Lám. XIV.
3. Ameghino, F. 1906. — « Les Formations Sedimentaires du Crétacé Supérior, et du Tertiaire de Patagonie ». *An. Mus. Nac. Bs. As.* Serie III, T. VIII, p. 471.
4. Bordas, A. F. 1939. — « Diagnosis sobre algunos mamíferos de las capas con Colpodon del Valle del Río Chubut (República Argentina) ». *Physis,* XIV, p. 416, Lám. II, fig. 2.

5. Chiotti, O. 1946. — « Tesis del Doctorado en Mineralogía y Geología » (Inédita). Univ. Nac. de Córdoba.
6. Frenguelli, J. 1944. — « La serie del llamado Rético en el Oeste Argentino ». Inst. del Mus. de la Univ. Nac. de La Plata. IX. Geología. N° 30, p. 261-269.
7. Loomis, F. B. 1914. — « The Deseado Formation of Patagonia ». Ed. The Rumford Press., pp. 10, 56-57, 63-65.
8. Scott, W. B. 1937. — « A History of Land Mammals in the Western Hemisphere ». Ed. MacMillan Co. N. Y., pp. 115, 512-513.
9. Stappenbeck, R. 1910. — « Precordillera de San Juan y Mendoza ». *An. Min. Agr. Nac. Sec. Geología, Mineralogía y Minería*. IV, N° 3. Corte XIV.
10. Simpson, G. G. 1945. — « The principles of classification and a classification of mammals ». *Bull. of the Am. Mus. of Nat. Hist.*, Vol. 85. N. Y., p. 130.
11. Windhausen, A. 1931. — « Geología Argentina ». Ed. Peuser, Bs. As., T. II, pp. 352, 426-434.

MAS RESTOS OSEOS DE LOS TUMULOS PREHISPANICOS DE SANTIAGO DEL ESTERO

POR

CARLOS RUSCONI

I

Este artículo había quedado casi terminado varios años atrás y lo relegué al olvido en previsión de que mis conclusiones podían dar lugar a resentimientos de parte de algunos colegas y por ello habíame propuesto no ocuparme más del asunto. Pero después han aparecido nuevas opiniones sin trascendencia y recientemente ha vuelto a ocuparse mi amigo el profesor R. Parodi quien, si bien ratifica la existencia del paleolama, en cambio, no le concede a los túmulos de Santiago del Estero mucha antigüedad. Por consiguiente, estimo que este artículo es ahora oportuno con el fin de aclarar ciertos hechos y exponer con miras más amplias, la posición de ciertos mamíferos y la antigüedad relativa de la llamada civilización chaco-santiagueña.

Poco antes de fallecer mi amigo el distinguido arqueólogo Duncan Wagner, habíame hecho entrega de una nueva remesa de piezas óseas trabajadas por los indígenas prehispánicos de Santiago del Estero y coleccionadas por el infatigable arqueólogo don Emilio R. Wagner. También me había solicitado el primero una nueva opinión acerca de la existencia de *Palaeolama* en los referidos yacimientos arqueológicos por el hecho de que dicho animal había sido puesto en dudas por otro distinguido arqueólogo, mi amigo el profesor Serrano [1], y finalmente, porque llegó hasta mis oídos otra versión análoga que tendía restarle méritos a la primera noticia que, conjuntamente con Kraglievich, habíamos sustentado la existencia de dicho camélido extinguido en el interior de dichos túmulos.

(1) A. SERRANO. — « Etnografía antigua de Santiago del Estero », etc. 1934, p. 337 y sig.

Entre las numerosas zonas arqueológicas que cuenta ya el país, la región de Santiago del Estero, o sea el chaco-santiagueño, tiene una gran importancia, no sólo por la extraordinaria cantidad de implementos hallados, sino también por su antigüedad dentro de la Prehispania, y por la curiosa analogía comprobada entre un gran número de grabados y decorados en cerámicas y otros objetos con los descubiertos en yacimientos de antiguas civilizaciones del viejo continente, tal como lo han demostrado con numerosas pruebas, en conferencias y trabajos orgánicos dados a conocer por los hermanos Wagner ([1], [2]), etc.

En 1930 tuve oportunidad de iniciar relaciones científicas con dichos investigadores y desde entonces comenzó también la tarea tendiente a examinar todo el material óseo que fueron ellos reuniendo de los numerosos túmulos construídos por agrupaciones humanas desaparecidas. Y a raíz de estas colecciones fuí redactando también diversos artículos que vieron luz en distintas revistas ([3]).

II

EXISTENCIA DE DOS GENEROS EXTINGUIDOS

Uno de los hechos realmente interesantes comprobados en el interior de los citados túmulos, ha sido la presencia de numerosos restos óseos de un pecarí perteneciente a un género y especies extinguidas (*Platygonus* (*P.*) *Carlesi Wagneri* Rusc.).

Los platigonos citados eran pecaríes más grandes que los actuales parientes que viven actualmente en el norte del país, y solamente se tenían conocimiento de su existencia en capas de terrenos terciarios y cuaternarios. Vivieron en una gran extensión de América y creíase además, que se habían extinguido en una época que el hombre no construía aún los utensilios de barro cocido, o por lo menos, no habían llegado a un acentuado grado de perfeccionamiento. Pero lo curioso es que en los túmulos de Santiago del Estero sus restos no sólo se hallan mezclados con objetos diversos fabricados por una población que poseía dominio del arte, sino que se los encuentra en estado fragmentario, revelando claramente que dichos

(1) E. R. Wagner. — « La Civilización », etc. 1934.
(2) E. R. Wagner y O. Righetti. — « Arqueología comparada ». 1946.
(3) (Véase bibliografía).

aborígenes alcanzaron a conocerlos y utilizar su carne como alimento. Y sobre la existencia de este animal extinguido no hay discusión porque los despojos exhumados hablan de por sí.

Otro hecho no menos interesante lo constituyó la presencia del género *Palaeolama*, esto es, ungulados del grupo de los camélidos (guanacos), cuyos despojos óseos habían sido hallados hasta no hace mucho tiempo, en estado fósil y en terrenos del cuaternario y del terciario superior. Mientras que en los túmulos de Santiago del Estero, los referidos despojos de estos grandes camélidos, como así también los del platigono, no son fósiles y sólo tienen aspecto de « viejo », como ocurre, en este caso, con la casi totalidad de las millares de piezas óseas pertenecientes a la fauna indígena actual y reunidas del interior de los mencionados túmulos prehispánicos.

Sobre la existencia del platigono en los citados yacimientos (fueron varios túmulos en donde se los ha exhumado), no hay absolutamente ninguna duda puesto que el material es abundante y por sus detalles anatómicos y magnitudes permiten ser fácilmente referidos al género extinguido *Platygonus*. Pero no ocurriría así con respecto al género *Palaeolama* según se desprende de la opinión del profesor Serrano, y más aún por informes que me suministraron de terceros. Por cuyo motivo me veo en la necesidad de hacer algunas consideraciones, no tanto para probar la existencia del citado género —que es a mi juicio positiva—, sino de cómo se encaran a veces temas de distribución zoogeográfica y paleogeográficas sin una base sólida, lo cual origina confusiones lamentables. Y me mueve el deseo de hacerlo porque está de por medio el citado amigo Serrano que, por causas inexplicables, o influenciado por quien se ha permitido poner en duda la existencia del referido artidodactilo en cuestión. Y digo influenciado porque me consta que esa misma opinión negativa la he oído expresar a otras personas, tal vez con el único propósito de disminuir la antigüedad de los yacimientos arqueológicos del chaco santiagueño, explorados por los hermanos Wagner.

La primera noticia acerca de la existencia del género *Platygonus* en los citados túmulos la di a conocer en 1930 (¹) y con respecto *al Palaelama*, lo hacía en otra en colaboración con el distinguido

(¹) C. Rusconi. — « Las especies fósiles argentinas de pecaríes », etc. 1930, d. 228.

paleontólogo Kraglievich ([2]). Se trataba en este último caso de un atlas hallado en un túmulo de « Las Lomadas » que, por sus características y dimensiones coincidían con el de los paleolamas fósiles de la formación pampeana y por consiguiente, tanto Kraglievich como yo lo referimos sin vacilación al citado género extinguido, no obstante que desde el punto de vista de la distribución cronológica venía este resto a ofrecernos una excepción que podía traer aparejada discusiones de orden paleontológico puesto que hasta esa fecha se habían hallado sus restos en terrenos mucho más antiguos. Quiere decir entonces que al proceder así no nos guió otra intención que la de dar nuestro fallo basado en el resultado de la anatomía comparada y no a una conveniencia personal, o a un simple parecer.

Varios años después, mi amigo el distinguido arqueólogo H. Greslebin realizó una rápida excursión a Santiago del Estero y como resultado de la misma obtuvo diversos restos óseos y entre ellos la parte inferior de un metapodio que, sin vacilación, refería al género *Palaeolama* porque tenía características similares y magnitudes iguales con la misma parte ósea de otros especímenes de palolamas procedentes de distintos niveles de la formación pampeana.

Más o menos en la misma fecha recibía de los hermanos Wagner una nueva remesa de materiales óseos que dió lugar a otro artículo presentado al XXV Congreso Internacional de Americanistas (1932) y que luego apareció en la *Addenda* de la obra grande de los hermanos Wagner, (1934, pp. 488 y sig.). En dicha obra tuve oportunidad de ocuparme del asunto con motivo de varios huesos pertenecientes a distintos individuos de paleolama y procedentes de lugares diferentes: « Las Represas », « Averías », etc.

Ahora bien, en conocimiento de algunos de estos hechos, el profesor Serrano tuvo la deferencia de recavar mi última opinión sobre la presencia del paleolama y la cual fué de inmediato contestada. Poco después este autor transcribió parte del contenido de la misma en el artículo de 1934 ya citado, haciéndo él las consideraciones del caso en los siguientes términos: « Yo pongo mis reparos a la existencia del género *Palaeolama* en los yacimientos arqueológicos de Santiago del Estero. Sabido es que una especie de montaña adaptada al ambiente de llanura modifica su tamaño, aumentándolo.

([1]) L. Kraglievich y C. Rusconi. — « Restos de vertebrados vivientes », etc., p. 486.

Tal cosa debe haber pasado con los guanacos de Santiago del Estero. Algunos conquistadores conocedores del Perú, al entrar a las regiones llanas del país han señalado que sus « ovejas del Perú » (1) eran algo más crecidas ».

La observación de esos conquistadores es muy exacta puesto que las vicuñas, alpacas, guanacos y sobre todo las llamas que fueron utilizadas en épocas prehispánicas, unos como animales de carga y a otros se los cazaba por su pelo más abundante que el guanaco y eran, efectivamente, más crecidas que las « ovejas de Castilla ». Pero ninguno de esos primeros hispánicos nos han dicho de que las ovejas por ellos importadas hayan aumentado de talla al ser pasadas desde las alturas al llano.

Si bien es cierto que no queda otro recurso qué prestar fe a ciertas crónicas de la primera época hispánica en América, no por ello deben ser descuidados los resultados obtenidos cuatro siglos después con respecto a las modificaciones de forma y de tamaño que se han operado en las especies de mamíferos y otros vertebrados procedentes de regiones distintas y muy distanciadas entre sí. La zoología experimental tiene base seria y las anotaciones que allí se obtienen merecen a mi entender, mayor atención que cualquier versión o parecer dado cuatro siglo ha, cuando la zoología no se hallaba a la altura en que se encuentra actualmente. La frase « eran algo más crecidas » no quiere decir que hayan sido los guanacos los que al ser llevados de un medio montuoso al llano hubiesen alcanzado éstos mayor talla, sino que algunos de los primeros hispánicos no sabiendo que los ungulados americanos citados eran llamados guanacos, o huanaco, o bien las alpacas provistas de pelo más largo, los diferenciaron por el nombre de « ovejas del Perú ». Y este argumento ningún valor tiene para probar la inexistencia de los paleolamas en los túmulos de Santiago del Estero.

Si los paleolamas se hubieran encontrado siempre en terrenos que fueron antes grandes llanuras, la suposición de Serrano podría tener algún justificativo porque daría motivos a creer que ese supuesto gigantismo pudo haber sido originado en el nuevo ambiente de llanura. Pero cuando tanto en las zonas que fueron antes extensas llanuras como en las zonas montuosas de Bolivia se encuentran innumerables despojos de paleolamas y de guanacos, etc., entonces fácil será comprender en la inconsistencia de la tesis que niega al

citado camélido en los túmulos prehispánicos de Santiago del Estero.

Los que se hallan entregados a esta clase de disciplina científica saben que los guanacos como los paleolamas y otros géneros afines han sido hallados en diferentes niveles del cuaternario y del terciario superior de distintos países americanos. Pero lo más curioso del caso es que los restos con los cuales P. Gervais fundó su especie *Auchenia Weddelli* (basada en una falanje y otros despojos y que años después, mediante restos mandibulares obtenidos en la provincia de Buenos Aires, el mismo autor elevó a la categoría de género, o sea *Palaeolama Wedelli*), no procedía de llanura sino de zona cordillerana, como es el clásico yacimiento fosilífero de Tarija (Bolivia). Este solo argumento bastaría para demostrar la inconsistencia de los que creen que el gigantismo, o bien un desarrollo corporal más acentuado, proviene, únicamente cuando los animales han invadido la llanura. Pues, entre los especímenes examinados por mí en el Museo de Historia Natural de Buenos Aires durante el año 1929, los de Bolivia me revelaron en general un rostro más prolongado que el de otros paleolamas de la provincia de Buenos Aires, de Santa Fe, etc., y las extremidades también acusaban mayor longitud, demostrando en su conjunto que los citados animales de las alturas eran de mayor talla.

Por otra parte, no todas las especies de paleolama de la zona de llanura fueron grandes, y este hecho lo he demostrado cuando describí *Palaeloma brevirostris* que fué una especie de rostro corto y posiblemente de talla un poco menor a la común de los paleolamas.

Serrano agrega que « el único argumento útil en este caso es el paleontológico, pero se hace necesario si se quiere echar mano a él, revisar los diagnósticos sobre la base de un estudio prolijo del mayor número de restos de camélidos americanos tanto de la llanura como de la montaña ». Y en este caso tiene mucha razón, porque a pesar de los numerosos autores que se han ocupado de camélidos sudamericanos tanto de la llanura como los de montaña, no existe una monografía que contemple éste y otros muchos aspectos más interesantes relacionados con las características de cada especie, o el número de éstas y su relaciones filogenéticas con la de Norte América. Yo tenía muy adelantada una monografía en ese sentido, pero infortunadamente esa labor quedó interrumpida en 1930 por causas ocurridas en el Museo de Buenos Aires y ya del dominio.

El mismo autor termina diciendo: « El hecho de que los supuestos paleolamas presentan el mismo estado de conservación de los demás vertebrados que se encuentran juntos, plantea a la ciencia este dilema: o que los Palaeolamas no son tales o que ellos vivieron hasta el momento de la conquista o un período muy reciente anterior. Mientras este dilema no se resuelva, hay que descartar a la paleontología como ciencia auxiliadora en el dilucidamiento del problema arqueológico de Santiago del Estero (p. 38).

Evidentemente, se escribe mucho dejándose llevar de la impresión primera sin poner en ello la indispensable reflexión. Pues, de otro modo no alcanzo a explicarme criterios parciales para lo que conviene y no prestan atención a los argumentos que nada le favorecen. Se aferran en poner en dudas la existencia del paleolama y por otra parte, nada o poco dicen con respecto al otro género extinguido (*Platygonus*), cuyos restos también presentan igual estado de conservación como los de los paleolamas y los millares de restos óseos exhumados en el interior de esos túmulos santiagueños. Lo correcto hubiera sido incluir también en el mismo dilema a los pecaríes extinguidos, ya que los unos y los otros muestran iguales características de conservación. Pero el hecho de no haberlo incluído en el citado dilema a estos últimos animales no alcanzo a comprender entonces cómo puede haber una excepción para con los paleolamas si éstos como los pecaríes citados han adquirido sello de argentinidad desde el terciario superior ? Tampoco me explico cómo se persiste en la incredulidad tan sólo de los paleolamas cuando los paleontólogos como Kraglievich, Lorenzo J. Parodi, y el que suscribe lo han testimoniado con las pruebas. En el mismo caso se encuentra Castellanos quien no hizo reparos al respecto y menos aún don Carlos Ameghino, quien al llevarle el material óseo no hizo más que ratificar nuestra tesis acerca de la existencia del paleolama en los túmulos de Santiago del Estero.

No me parece que sea un dilema para la ciencia el de admitir la supervivencia de un animal perteneciente a un grupo que tuvo su mayor desarrollo en épocas pasadas, desde el momento que esa supervivencia se ha comprobado en el país y en otros lugares del mundo para otras numerosas especies de diferentes órdenes de mamíferos y de vertebrados.

Para que el lector se forme un juicio claro de tales aseveraciones, he de recordar como nota ejemplarizadora, que los megaterios,

glosoterios, dedicuros, gliptodontes, toxodontes, etc., son característicos de la formación pampeana y es durante ese período geológico (terciario superior y cuaternario) donde alcanzaron su mayor desarrollo, y algunos individuos de estos géneros y otros más han continuado persistiendo hasta un determinado período del holoceno, esto es, hasta el piso platense, como lo han descubierto o recordado tantos especialistas y estudiosos: Burmeister, los Ameghinos, Kraglievich, Roth, Castellanos, L. J. Parodi, Rusconi, etc. Si nadie ha puesto en duda estos hallazgos ¿qué dudas puede haber entonces con los restos de paleolamas exhumados en los túmulos de Santiago del Estero, y qué tiene de particular que hayan sido encontrados en terrenos relativamente resientes si, son respecto a sus características, la opinión coincidente es que son despojos óseos del género *Paleolama* y no de *Lama*?

Es cierto que en el artículo en colaboración con Kraglievich habíamos expresado que « por ahora, toda asignación de antigüedad es temeraria, aunque es indudable que dichos despojos son de época anterior a la conquista hispánica » (pág. 231). Pero es necesario tener en cuenta que dicha incertidumbre no da motivos a suponer a esos restos como una edad muy cercana al siglo XVI, sinó que lo habíamos expresado con la prudencia que el caso merecía hasta tanto se habrían obtenido otros materiales y realizar estudios *in situ* que hubiesen permitido asignarle una edad más probable dentro del período holoceno, tal como compartió esa misma opinión Kraglievich desde el primer momento que iniciamos dichas investigaciones. Infortunadamente, la muerte del colega le impidió conocer otros restos hallados con posterioridad, más las muestras de tierras y otros datos proporcionados por los hermanos Wagner, y en base a ellos, sigo creyendo que muchos de los túmulos donde se han comprobado huesos de platigonos y de paleolamas, deben remontar a una antigüedad circunscripta entre los últimos tiempos del piso platense y base del aymarense, esto es, muchos siglos antes de la llegada de los primeros hispánicos en América, como lo he sostenido en 1941 (¹) y lo ratifiqué en el Congreso de Ingeniería de Chile (²), en cuyo trabajo actualizo las cuestiones del hombre fósil y que es necesario leerlo con cautela porque al no

(¹) C. Rusconi. — « Cronología de los terrenos ». 1941, p. 165.
(²) C. Rusconi. — « El hombre fosil » etc. 1942, p. 814.

haber corregido las pruebas de imprenta se han deslizado numerosos errores.

También mi amigo el distinguido paleontólogo Alfredo Castellanos realizó varios viajes con el fin de obtener detalles acerca de las construcciones de los túmulos, yacimiento con restos humanos subfósiles, hornillos en tierra, etc. y me ha comunicado que los túmulos en cuestión tienen para él una alta antigüedad, por lo menos prehispánica (1). En el mismo sentido se ha expresado con anterioridad Greslebin en su interesante trabajo (2).

« De lo expuesto, dice el autor citado, resulta evidente que debemos pensar en la gran antigüedad de esta llamada « Civilización Chaco-Santiagueña ». Dejando de lado por el momento toda consideración de orden decorativo, simbólico o mitológico, surge este concepto de la gran antigüedad de esta cultura por la presencia de materiales completamente transformados, casi todos mineralizados, que están indicando que tales cambios han necesitado un enorme lapso de tiempo ». Es en vista de estas autorizadas opiniones más los antecedentes que he dado a conocer en otros artículos he colocado al ciclo cultural de la civilización chaco-santiagueña a fines del horizonte platense o principios del Aymarense (3).

III

INEXISTENCIA DEL CABALLO

Otro hecho muy interesante observado en las distintas remesas que me enviaron los hermanos Wagner, como así también el profesor Hauenschild — que también posee una serie numerosa y valiosa de implementos arqueológicos de la misma provincia —, no me ha sido posible hallar el menor vestigio de caballo sea con o sin trabajo intensional. Si los hubieran conocido los constructores de los túmulos, es inexplicable porqué no lo han utilizado dado que algunos de sus huesos como los de las extremidades, suplían con ventaja a la de los camélidos (guanacos) para la obtención del instrumental destinado a usos diversos (puntas de flecha, de lanzas, quenas, etc.). En cambio, todo el material óseo utilizado para

(1) A. Castellanos. — « Nuevos restos del hombre fósil ». 1938.

(2) H. Greslebin. — « Sobre la antigüedad de la llamada civilización », etc. 1932, p. 74.

(3) C. Rusconi. — « Cronología de los terrenos neoterciarios », etc. 1941, p. 164.

distintos fines tales como las quenas, silbatos, puntas de flechas, raspadores, punzones, agujas para tatuaje, etc., han sido hechos con huesos de guanaco, ñandú y diversas aves.

La existencia del caballo durante un corto período del Holoceno ha sido señalado por casi todos los paleontólogos y entre ellos figura Ameghino quien sostuvo que el caballo en nuestro país se había extinguido a fines de la época Querandí y más o menos al comienzo del piso Platense. La opinión de nuestro sabio máximo estaba basada sobre argumentos positivos cuales eran, por ejemplo, el de haber comprobado durante muchos años de investigaciones la carencia de dicho perisodáctilo en los terrenos superficiales del piso Platense y horizontes superiores. A una conclusión parecida han llegado también otros investigadores y estudiosos durante sus largas labores de campo: Kraglievich, Castellanos, Parodi, etc. Por mi parte, tampoco pude hallarlos en los típicos depósitos del platense de distintos lugares del país, si se exceptúa el caso único descubierto hasta ahora en los depósitos arenosos del Platense fluvial del valle del Matanzas (prov. de Buenos Aires) como lo he recordado en otras publicaciones [1]. Con esto no quiero sentar mi opinión irreductible de la existencia de una verdadera laguna en la filogenia del caballo típicamente criollo descendiente de la especie *Equus argentinus* o de otra similar, y no de los caballos acriollados o sea de los que se los denomina criollos pero de importación hispánica.

Si yo debiera dar mi opinión basada en observaciones fundadas, especialmente en esos raros caballos de talla mediana, de extremidades más o menos robustas, de perfil craneano « acarnerado », etc., diría que la filogenia de este equino ha continuado ininterrumpidamente aunque ya con una evidente merma en el proceso de su fecundidad y casi de su extinción cuando llegaron los primeros hispánicos a la América, portadores de aquella primera remesa. Pero si antepusiera a mi suposición un argumento más sólido, cual es el auspiciado por los naturalistas ya recordados y por mis propias investigaciones que dieron siempre un resultado negativo cuando me propuse reunir restos de caballos en los terrenos de los pisos Platense y Aymarense, entonces no me quedaría otro

(1) C. Rusconi. — « Contribución al conocimiento de la geología de la ciudad de Buenos Aires », etc. 1937, p. 308.

recurso que reconocer al caballo como extinguido por completo un poco antes de la llegada de los hispánicos.

Pues bien, en los túmulos de Santiago del Estero no fué observado el menor vestigio de hueso de caballo y cuya afirmación está aseverada después de haber examinado millares de piezas óseas pertenecientes todas ellas a la fauna indígena. En consecuencia, es ésta otra prueba más de la alta antigüedad prehispánica de los constructores de los túmulos de Santiago del Estero, cuyos descubrimientos realizados por los hermanos Wagner han venido a renovar la vieja discusión de nuestras viejas civilizaciones autóctonas del chaco santiagueño, del valle de Humahuaca, de Jujuy, del litoral paranense, y bonaerense, de la región de Cuyo, del Sud patagónico, etc. Y sin embargo, todas ellas y otras que no se enumeran, responden a ciclos culturales muy recientes comparados con las extinguidas agrupaciones humanas que tenían como única riqueza la flecha, la chuza, la bola arrojadiza, la bola de boleadoras, etc., y cuyos despojos se hallan en estado fósil y se encuentran en capas geológicas donde han prosperado faunas tan variadas como abundantes y en su mayor parte de familias, géneros y especies extinguidas, que abarcan los períodos del cuaternario y de todo el plioceno o terciario superior.

IV

PUEBLO DE CULTURA ARTISTICA SUPERIOR

Los indígenas constructores de los túmulos de Santiago del Estero fueron excelentes artífices que hicieron del arte un culto, del mismo modo que en otras épocas y en otras latitudes lo practicaron civilizaciones del Noroeste Argentino, de México, Guatemala, Perú, Brasil, Bolivia, etc., o las del viejo continente como las de Egipto, Caldea, Siria, China, etc.

Con respecto al laboreo de la cerámica, a las ornamentaciones policromas, el simbolismo que ostentan muchas de ellas y aun más su curioso parecido con ornamentaciones observados en utensilios descubiertos en estratos culturales del viejo continente, han sido puestas de manifiesto en la gran obra de los hermanos Wagner. Mientras que de la industria del hueso tuve oportunidad de ocuparme en diversos artículos, habiendo demostrado que esos pueblos, por la variedad de utensilios que poseían, habían llegado a un

grado de evolución notable. Las jabalinas y sobre todo las puntas de flechas trabajadas en hueso son muy variadas; desde la forma sencilla y de sección discoidal con sus bordes filosos a las de sección de rombo alargado, perfectamente delineadas y con sus respectivas escotaduras en la base donde engarazaba la vara que la soportaba. Lo mismo puede decirse de las espátulas para alfareros, algunas de las cuales presentan artísticos dibujos en bajo relieve.

Supieron destinar las jabalinas y las puntas de flechas para la caza y la guerra; las agujas, cuchillos, etc., para la confección de mantas y otras telas; las espátulas, alisadores, etc., para la fabricación de la cerámica; los punzones, raspadores, etc., para el retocado en hueso o en cuero.; pero también poseyeron instrumentos de una o dos puntas sumamente agudas, destinados a la práctica del tatuaje.

Esos aborígenes no sólo demostraron ser artífices en la construcción y decorado de las cerámicas y tenían inteligencia suficiente para proveerse de un variado surtido de utensilios destinados a las necesidades de la vida diaria, de los rituales, etc., que por si forman un conjunto de inapreciable valor en su desenvolvimiento histórico, sino que a ello va unido el sentido musical, según se desprende de los numerosos instrumentos de esa naturaleza (quenas, silbatos, etc.) hallados justamente con los demás implementos arqueológicos. Es cierto que las quenas tienen las cinco notas del pentágrama como ocurre en la mayoría de los casos con instrumentos parecidos extraídos de otros centros culturales del país o fuera de él, y aquellos instrumentos fueron hechos con distintos huesos de animales (cúbito, radio de guanaco, tibias de ñandú, etc.) Así debe haber ocurrido también con los flautines y silbatos de una o dos notas, destinados los unos y los otros a los actos ceremoniosos o de carácter ritual, y cuyas manifestaciones espirituales solamente las imaginamos en base a los restos que el tiempo y las circunstancias locales no han tenido el poder suficiente de destruir.

Todo esto y mucho más revela a las claras que fueron pueblos con una elevada noción de las necesidades primordiales para defenderse en la lucha por la vida, pero también supieron orientar su pensamiento hacia una senda de perfeccionamiento tal que no pudieron alcanzarlo otros pueblos indígenas contemporáneos o que vivieron posteriormente al período de decaimiento y extinción com-

pleta cuando cruzaron los primeros hispánicos por aquellas tierras de intrincada maraña y bajo cuyas raíces muchas veces centenarias no imaginarían nunca que allí mismo se hallaban sepultados millares y millares de personas pertenecientes a una civiliación que

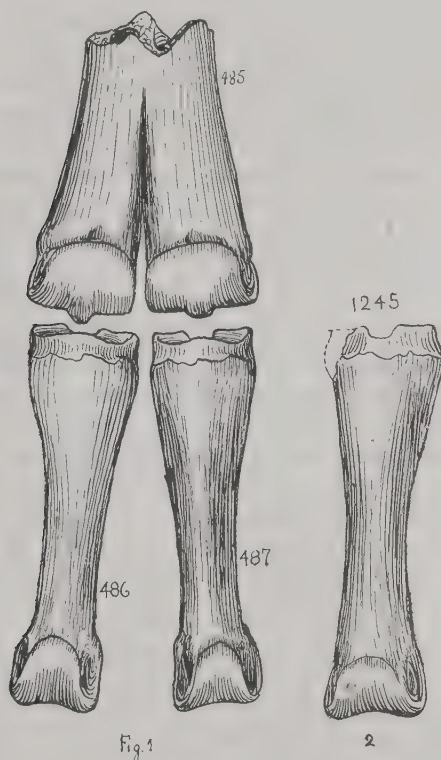


Fig. 1. — Trozo de metacarpiano nº 485, y de dos falanges, nº 486 y 487, pertenecientes a dos individuos distintos de *Palaeolama* sp. de los túmulos prehispánicos de S. del Estero.
Fig. 2. — Falange 1ª de *Palaeolama Weddelli* nº 1245, del puelchense de Villa Ballester. Todas a 2/3.

no conocieron ni ellos ni los colonizadores de varios siglos posteriores sino recién vino a ponerla a la luz la piqueta de los Wagner (pese a la referencia de otros autores), un nuevo elemento de esa grande civilización prehispánica que nada tiene que ver con el período paleolítico como ha sido algunas veces recordado.

Para que el lector pueda formarse una idea más clara acerca de la tesis que admite la existencia del paleolama en los referidos yacimientos prehispánicos, daré a continuación las magnitudes de la falange, tipo de la especie *Palaeolama Weddelli* P. Gervais, más las medidas de otros huesos similares de distintos especímenes de palaeolamas descubiertos por mí en diferentes niveles del terciario y cuaternario argentino. Además ilustraré nuevamente el trozo de metacarpiano procedente de uno de los túmulos del Chaco santiagueño con las dos falanjes de distintos individuos (fig. 1) y otra falange del típico palaeolama (*Palaeolama Weddelli*, nº 1245, col. Paleontológica Rusconi, procedente de las arenas puelchenses de Villa Ballester, plioceno medio. También agrego las magnitudes de dos falanges (falange 1ª), de la extremidad anterior de guanacos. La primera corresponde a un animal de talla grande, y la segunda pertenece a un animal de talla común, por lo menos en la longitud más frecuente observada en numerosos restos esqueléticos hallados por mí en reiterados viajes por la provincia de Mendoza.

En la colección palaeontológica Rusconi existen además, la primera falange de la extremidad posterior de varios individuos de *Hemiauchenia* sp. La pieza nº 392 tiene 76 milímetros de longitud, y la falange nº 393 alcanza a 77 milímetros. Ahora bien, como la primera falange de la extremidad anterior es siempre algo más larga, resulta que dichas piezas debieron tener 88 y 90 milímetros aproximadamente. Estas falanges han sido exhumadas de terreno ensenadense.

Metacarpianos	*Palaeolama* (1)	*Palaeolama* (2)
Diámetro transverso distal máximo	51	53
Diámetro anteroposterior	26	27

(¹) *Palaeolama Weddelli*, nº 25, colección Paleontológica Rusconi. Piso bonaerecse.

(²) *Palaeolama* sp. nº 485, col. Paleont. Rusc. Proc. Túmulos prehispánicos de Santiago del Estero.

Falange 1ª	*Palaeolama* (tipo (1)	*Palaeolama* (2)	*Palaeolama* (3)	*Palaeolama* (4)	*Palaeolama* (5)	*Lama* (6)	*Lama* (7)
Longitud máxima	95	86	95	92	92	76	65
Diámetro transverso proximal	—	25	28	25	25	24	20
Dámetro anteroposterior ..	—	26	29	26	26	21	19
Diámetro trans. distal	—	19	22	20	20	19	16
Diámetro anteroposterior ..	—	17	20	19	19	18	14

(¹) *Paleolama Weddelli* (P. Gervais). Pieza tipo del pleistoceno de Bolivia.
(²) *Palaeolama Weddelli*, nº 25, col. Paleont. Rusc. Piso bonaerense, Cap. Federal.
(³) *Palaeolama Weddelli?*, nº 1245, col. Paleont. Rusc. Piso Puelchense' Bs. As.
(⁴) *Palaeolama* sp., nº 486, col. Rusc. Procedencia: Túmulos prehispánicos de Santiago del Estero.
(⁵) *Palaeolama* sp., nº 487, col. Rusc. Procedencia: Túmulos prehispánicos de Santiago del Estero.
(⁶) *Lama guanicoe*. Ejemplar de gran talla. Epoca actual.
(⁷) *Lama guanicoe*. Ejemplar de gran talla. Epoca actual·

Nota. — Las falanges primeras de las extremidades posteriores son en general unos 10 milímetros más cortas que las anteriores, y en el cuadro de medidas figuran estas últimas.

V

NUEVOS OBJETOS OSEOS

Los nuevos materiales óseos remitidos por los hermanos Wagner presentan trabajo intensional y han sido casi todos ellos utilizados para distintos fines.

PUNTAS DE FLECHAS. — Casi todas las puntas de flechas tienen pedúnculo y la base de las aletas o limbo, terminan en ángulo recto o agudo. Las piezas de esta última variedad muestran generalmente una excavación en forma angulosa y en su extremo un agujero de figura irregular como ocurre con la pieza de la figura 4. Con excepción de algunas piezas (9, 13, 14) que muestran el color natural del hueso, las restantes tienen en cambio una coloración ocre o bien marrón claro, con una pátina muy característica, lustre paleontológico. Casi todas ellas evidencian además, un aspecto de « viejo » sin ser fósiles ni subfósiles.

La numeración que precede ha sido hecha al sólo efecto de ordenar la descripción del material.

Nº 1 (fig. 3): Forma de triángulo escaleno con la escotadura basal angulosa. Cada cara presenta dos superficies planas y en bisel de modo que vista en su sección, se advierte la figura de un

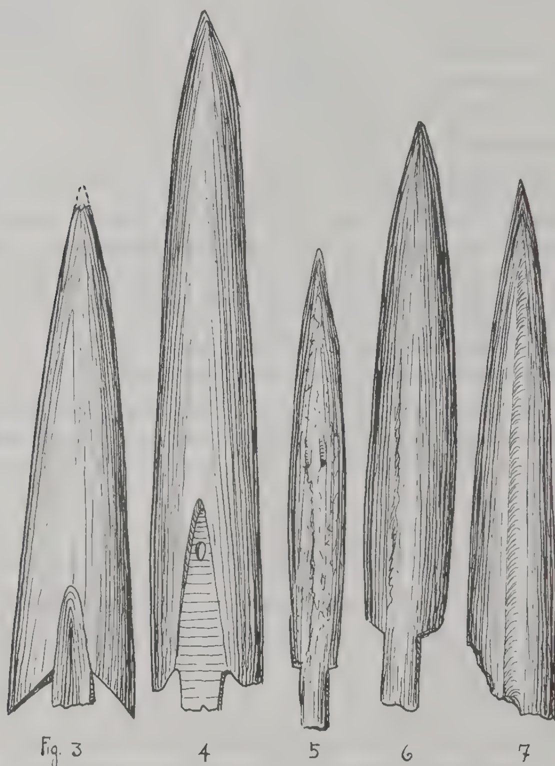


Fig. 3 4 5 6 7

rombo definido. Los bordes o limbos son muy filosos. Cada cara del pedúnculo muestra una superficie levemente excavada revelando que allí se engarzaba la vara que soportaba a la flecha. La pieza ha sido trabajada en un hueso largo o sea con un metapodio de un guanaco; tiene 80 milímetros de longitud por 18 de ancho máximo. Localidad: Mancapa.

Nº 2 (fig. 4): Forma de parábola alargada; ambas caras son levemente redondeadas, presentando una sección discoide. En el lugar donde se engarzaba la vara o caña existe una zona excavada de un milímetro de profundidad y tiene forma de cuña; en el ángulo de dicha excavación hay un agujero de contorno alargado que atraviesa la pieza por completo. En el lado opuesto se advierte el mismo tipo de excavación. Trabajada en un metapodio de guanaco; mide 110 × 17 mm. Localidad: Averías.

Nº 3 (fig. 5): Forma parabólica; las aletas son de base recta y levemente destacadas; trabajada sobre un metapodio de guanaco; mide 78 × 10 mm. Localidad: Mancapa.

Nº 4 (fig. 6): Forma parabólica alargada; tiene sección discoide aunque una de sus caras es algo más convexa transversalmente. Trabajada sobre un metapodio de guanaco; mide 93 × 14 mm. Localidad: Mancapa.

Nº 5 (fig. 7): Forma parabólica alargada y con pedúnculo roto; trabajada sobre un metapodio de guanaco; de 85 × 14 mm. Localidad: Mancapa.

Nº 6 (fig. 8): Forma de triángulo escaleno, de sección discoide; en la base se encuentra la excavación en forma de cuña con su agujero correspondiente; trabajada sobre un metápodo de guanaco; de 107 × 18 mm. Localidad: Averías.

Nº 7 (fig. 9):) Pieza incompleta en la punta, de forma y construcción parecida a la anterior; de 73 × 18 mm. Localidad: Averías.

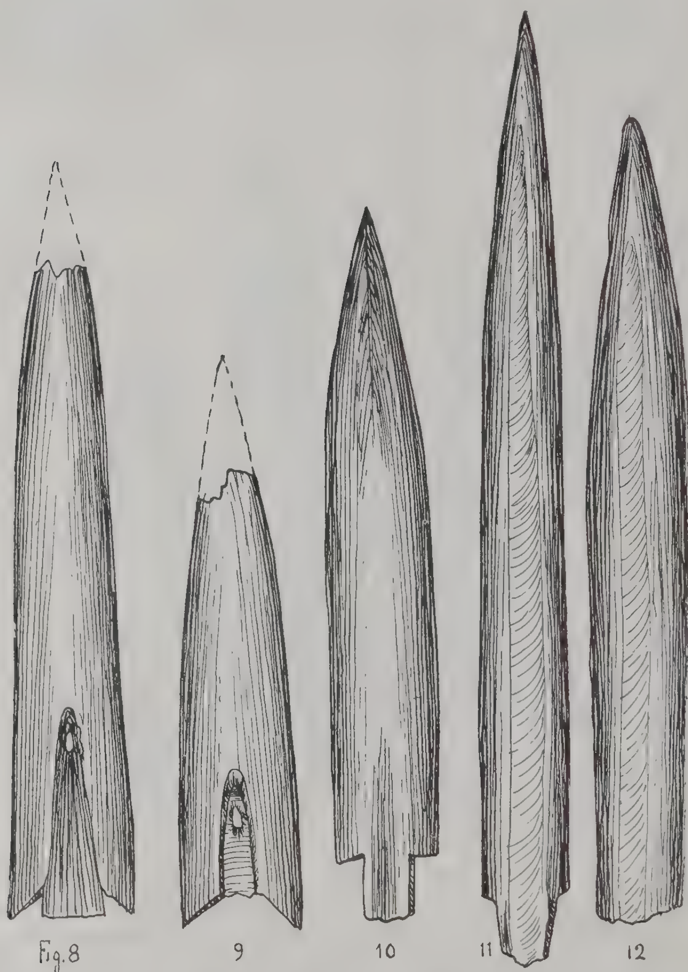
Nº 8 (fig. 10): Forma de parábola alargada, de sección discoide en las tres cuartas partes y de sección romboide en la punta; trabajada sobre un metápodo de guanaco, de 103 × 16 mm. Localidad 7 Quebrachos. Instrumentos parecidos de la colección Huaenschild, y procedentes de otros túmulos prehispánicos de Santiago del Estero han sido ya descriptos (1).

Nº 9 (fig. 11): Forma de parábola alargada y base de las aletas de líneas rectas, de bordes algo deteriorados; trabajada sobre un metápodo de guanaco, de 150 × 12 mm. Localidad: Averías.

Nº 10 (fig. 12): Parecida a la anterior aunque imperfectamente trabajada; hecha sobre un metápodo de guanaco; de 152 × 14 mm. Localidad: Averías.

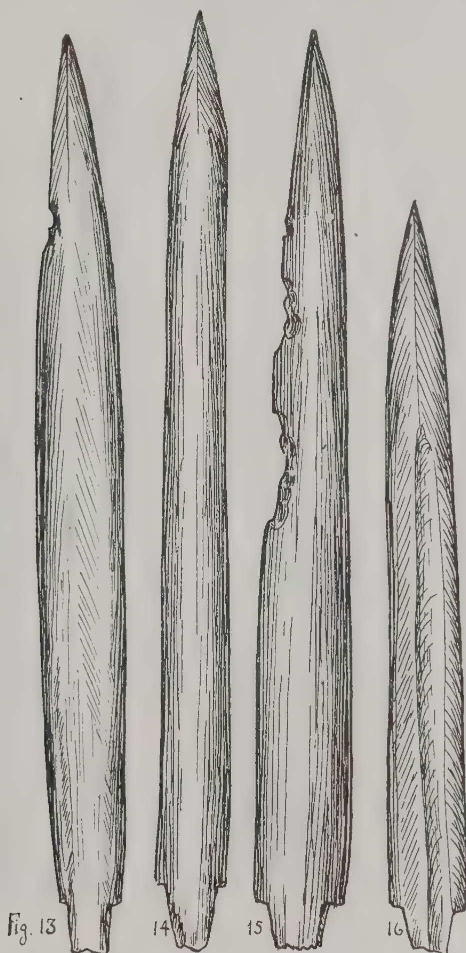
(1) C. Rusconi. — « Instrumentos óseos », etc. 1933, p. 8.

Nº 11: De forma parecida a la anterior; mide 122 × 15 mm. Localidad: 7 Quebrachos.



Nº 12 (fig. 13): Forma de parábola alargada; aletas de base recta y trabajada en hueso de guanaco, de 144 × 14 mm. Localidad: Averías.

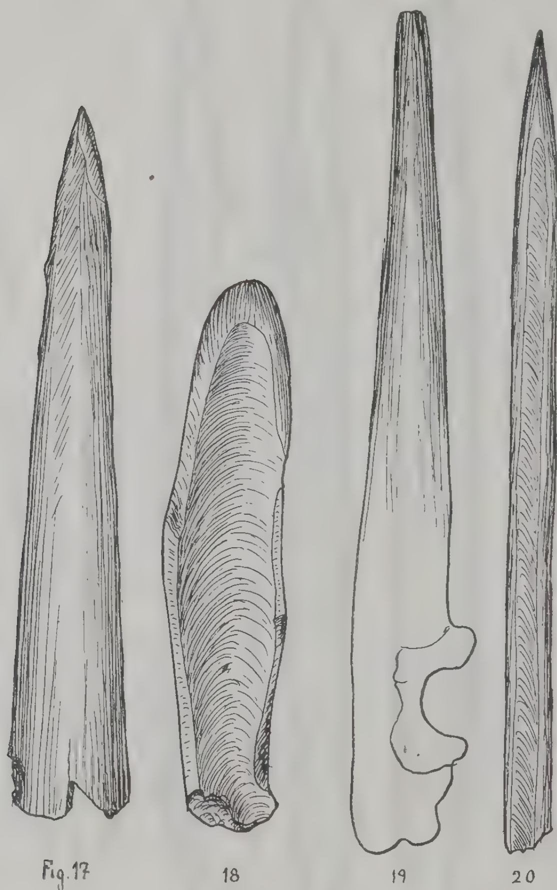
Nº 13 (fig. 14): Parecida a la anterior aunque imperfectamente trabajada; de 146 × 11 mm. Localidad: Averías. El hueso de esta pieza tiene aspecto reciente.



Nº 14 (fig. 15): Forma de parábola alargada, de sección discoide; trabajada sobre un metápodo de guanaco, de 139 × 15 mm. Localidad: Tulip-Loman. Es de aspecto reciente.

Nº 15 (fig. 16) : De forma parecida a la anterior, de 114 × 12 mm. Localidad : Averías.

Nº 16 : Incompletamente trabajada y con pedúnculo roto, de 103 × 10 mm. Localidad : Tulip-Loman.



PUNZONES. — Nº 17 (fig. 17) : Objeto trabajado groseramente en una punta y a grandes chanfles, habiéndose utilizado un metápodo de guanaco, mide 160 mm. Localidad : 7 Quebrachos.

RASPADORES. — Nº 18 (fig. 18): Una sola pieza hay en esta remesa y ha sido trabajada, posiblemente, sobre un fémur de guanaco. Procedencia: Mesopotamia Santiagueña.

OBJETOS PARA TELARES. — Nº 19 (fig. 19): Cúbito de puma trabajado en la extremidad anterior, pero con punta rota. Localidad: Averías.

Nº 20 (fig. 20): Uno de los extremos de esta pieza termina en punta roma sumamente aguda y bien redondeada y pulida; mide 185 mm. Loc. Averías.

ANOMALÍAS ESQUELÉTICAS Y DENTALES. — Dos metacarpianos anormales, tal vez del mismo individuo de guanaco. La anomalía consiste en la presencia de un metacarpiano adicional bien desarrollado, siendo tan sólo 2 centímetros más corto que los normales. Dicho metacarpiano muestra arriba una faceta, revelando que allí se articulaba un hueso accesorio del carpo; en la extremidad distal hay otra faceta para la articulación de la primera falange. El metacarpiano del lado opuesto presenta una anomalía parecida. Casos similares han sido ya señalados (1,2).

Hay también un cráneo de guanaco de un individuo muy viejo con la dentadura bastante gastada y con un canino supernumerario a cada lado del maxilar, de modo que la pieza posee cuatro caninos mas dos incisivos que suman 6 dientes. Los dos caninos supernumerarios tienen la forma de dientes normales aunque un poco más pequeños, y han emergido, al parecer, a una edad avanzada del individuo. Casos de anomalías dentales de número han sido señaladas oportunamente (3).

HUESOS FÓSILES. — En la misma remesa había un diente de un toxodontino cuyo diámetro anteroposterior es de 28 mm. Como se trata de una pieza incompleta es difícil también practicar una determinación exacta. Ha sido hallado a los 61 metros de profundidad, en la localidad de Rivadavia, Santiago del Estero.

(1) C. RUSCONI. — « Un nuevo caso de polidactilia », etc. 1930, p. 224.

(2) C. RUSCONI. — « Nuevos restos de vertebrados », etc. 1934 (*adenda*, p. 492).

(3) C. RUSCONI. — « Sobre anomalías dentarias numéricas », etc. 1930, p. 199.

CONCLUSION

Los estudios relacionados con la presencia de paleeolamas y de platigonos en los túmulos prehispánicos de Santiago del Estero, sugieren las siguientes observaciones:

1º — Que en el interior de los túmulos de Santiago del Estero se han exhumado junto a millares de piezas óseas pertenecientes a la fauna indígena actual los despojos de 6 individuos de *Platygonus Carlesi Wagneri* Rusc. y sobre el particular no existe duda alguna ni se han hecho reparos al respecto.

2º — Que junto con dichos restos se encontraron otros huesos designados por mí y Kraglievich como del género *Palaeolama* sp. y eso se hizo después de haber comparado, primeramente el atlas, y luego los restantes materiales hallados con posterioridad.

3º — Los reparos hechos en contra de la existencia del paleolama en los referidos túmulos y basado en el argumento histórico invocado en el texto, carecen de consistencia; pues, el hecho de que algunos cronistas hayan dicho que las ovejas del Perú eran algo más crecidas que las ovejas de Castilla, no tiene asidero en esta cuestión puesto que ellos se referían al guanaco, alpaca o a la llama, y en este último caso estaba perfectamente justificado. Pero entre una alpaca, un guanaco o una llama, a un paleolama hay una diferencia tan grande que solamente no la ve el que no quiere. Si los hispánicos hubieran visto palaeolamas vivientes, seguro estoy que no habrían utilizado como término de comparación una oveja sino más bien, un caballo o un camello, porque es con la talla de estos animales con los cuales se puede comparar a casi todas las especies del citado género extinguido, esto es, con *Palaeolama*.

4º — Ninguno de los que se han dedicado al estudio de los mamíferos fósiles ha comprobado hasta ahora guanacos tan grandes como los paleolamas y en consecuencia, los pareceres en este caso, no tienen ninguna base seria.

5º — Que el atlas referido por mí y Kraglievich a *Palaeolama* y luego los otros restos hallados posteriormente los incluí al citado género por estar convencido de que no pertenecían a *Lama* ni a una especie gigante de este último; pues de haber sido una especie de *Lama* se habría llegado a descubrir un hecho de excepcional importancia y se hubiera reconocido el gravísimo error en que han

incurrido las más grandes autoridades en Paleontología que tuvieron oportunidad de ocuparse de los paleolamas, porque éstos habrían aumentado la lista de los géneros extinguidos con otro género más (*Palaeolama*), cuando en verdad debieron ser especies « gigantes » del género *Lama*. Pero tamaño error no es concebible ni podía haber perdurado durante un siglo sin que nadie (menos los que no creen en la existencia de paleolamas en los túmulos de Santiago del Estero), se hubieran dado cuenta de esa falla.

Si se admitiese la existencia de una especie gigante de *Lama*, esto es, de talla similar a la de un *Palaeolma*, sería muy interesante saber cuál será el paleontólogo y el anatomista que pueda descubrir diferencias genéricas en restos incompletos (con excepción de la talla). Pero en cambio, es fácil hallar tales diferencias si se toman en cuenta en los huesos del esqueleto, por ejemplo, su tamaño y robustez, puesto que aparte de algunos detalles craneodentales, los paleolamas se diferencian de los guanacos en que aquellos son en general una tercera parte más grande, con excepción de una especie.

6º — Cuando la falange utilizada por P. Gervaise (tipo de *Auchenia Weddelli*) mide 95 milímetros de longitud y las procedentes de los túmulos de Santiago del Estero, o bien las otras que han sido recogidas en diferentes niveles de la formación pampeana tienen una longitud similar o la superan, quiere decir entonces que todas estas falanges no pueden ser de guanacos sino de paleolama, porque coinciden en un todo con los detalles de la falange que P. Gervais utilizó para fundar su especie *Auchenia Weddelli* y posteriormente elevada a la categoría de género (*Palaeolama Weddelli*), mediante mandíbulas fósiles procedentes de la provincia de Buenos Aires.

7º — Que la presencia de los platigonos y de los paleolamas en los túmulos de Santiago del Estero pueden involucrar antigüedad geológica (anterior a la época hispánica) y el hecho de que los huesos de estos animales no se encuentran en estado fósil (como ocurre por el contrario con los centenares de especímenes pertenecientes a los mismos géneros hallados en diferentes niveles de la formación pampeana y otros horizontes del terciario superior, sea de la Argentina y de otros países americanos) ello no quiere decir que no deban ser platigonos ni paleolamas. Que el hecho de haberse encontrado huesos de milodontes provistos de cartílagos, bolos fecales, cuero con pelos, etc., en las cavernas de Ultima Esperanza, no por

eso puede negarse que no sean verdaderos milodontes (*Mylodon*). Que habiéndose descubierto en la Siberia, etc., restos de *Mammuth* provistos de trompa, músculos, vísceras, etc., en estado de momificación, no por ello no dejaron de ser reconocidos como un género extinguido de esos proboscídeos. ¡Y para qué abundar en ejemplos!

En cuanto a los platigonos y paleolamas de Santiago del Estero, si sus despojos no tienen el estado de fosilización como estábamos acostumbrados a exhumarlos en otros niveles de la formación pampeana, es sencillamente porque nos hallamos en presencia de nuevos casos de supervivencia de formas fósiles que han llegado a prosperar sus últimos individuos hasta una época relativamente reciente. Negar cualesquiera de esos géneros por el simple hecho de no haberlos encontrado en estado fósil o referir este último, antojadizamente, a una supuesta especie de guanaco « gigante », porque así conviene a las ideas de unos pocos para tener entonces una supuesta base sólida en rejuvenecer un yacimiento arqueológico, todo ello implica desconocer los más elementales principios en que se funda la anatomía comparada y las normas donde están consolidadas las bases de la paleontología universal. Afortunadamente, la paleontología tiene en su haber numerosos casos de formas fósiles y extinguidas cuyos últimos representantes se encuentran en capas geológicas relativamente recientes, como se lo ha recordado brevemente en el texto.

8º — El hecho de haberse comprobado en los túmulos de Santiago del Estero una cultura artística de orden superior, no por eso debe ser reconocida de época reciente (posthispania); pues, la historia de la humanidad nos ofrece millares de ejemplos de pueblos poseedores de una gran cultura material y artística superior que se hallaban rodeados de otros que la poseían en un grado mediocre o rudimentaria. Y en nuestro país (sin traer ejemplos del extranjero), existen, efectivamente, esas pruebas que remontan desde la época paleolítica o sea, desde los horizontes geológicos más antiguos en los cuales se han exhumado especies y razas de hombres fósiles. Por consiguiente, no tiene nada de particular que muchos de los túmulos de Santiago del Estero hayan sido construídos en el ámbito de la Prehispania y remonten a una antigüedad de muchos siglos o millares de años.

De acuerdo al gran número de túmulos explotados por E. Wagner, y de la enorme cantidad comprobada por Greslebin, se deduce

como previo y elemental razonamiento, que esos montículos con restos humanos, cacharros y utensilios diversos, han sido la resultante de sucesivos enterratorios individuales o colectivos correspondientes a una abigarrada población de miles y miles de almas.

Luego, si es exacto esto, lógico es suponer también que esa enorme población no se ha iniciado, desarrollado y extinguido en un corto número de años, sino mediante una serie extraordinariamente grande de generaciones que, de acuerdo a factores biogenéticos, no puede concebirse sino en un espacio de tiempo de muchos siglos y quizá de milenios. Pero, aun suponiendo que algunos de los últimos representantes de esa cultura llamada « Chaco-santiagueña » hubiesen llegado a sobrevivir a la época de la llegada de los primeros hispánicos (según ciertos autores), entonces, el comienzo y desarrollo máximo de esa civilización no pudo haber sido otro que en el ámbito de la Prehispania. Y esto es también razonablemente lógico y no cabe discusión alguna.

Algún día, cuando se disponga de mejores elementos de juicio acerca de aquellas poblaciones humanas que dieron origen a esas grandes culturas del Noroeste Argentino y de otras zonas del país, se podrán tener también mejores pruebas para la compulsa y posible solución del problema relativo a la antigüedad de los objetos exhumados en el interior de la mayor parte de los túmulos involucrados en la civilización Chaco-santiagueña. Para ello, es necesario tener miras amplias, no enfrascarse con la presencia de un objeto hallado circunstancialmente, ni prestar mucha fe a ciertas crónicas, especialmente las de ciertos cronistas que veían mucho con lentes de aumento. Ellos vieron muchas razas de gigantes que ahora han quedado como datos históricos porque la antropología con sus métodos y sus instrumentos (calibre, cinta métrica, etc.), los ha reducido a lo que eran; y esto vale no sólo para las supuestas razas de gigantes del sud patagónico, de Cuyo y de otras regiones del país, sino también para el resto de América. Pero como en el caso de los hombres, también ha sucedido cosa similar con numerosos grupos de mamíferos fósiles y de otras especies actuales, como las ovejas de Castilla que no eran las « ovejas » del Perú. Y si los primeros cronistas hablan de un aumento de talla, los autores modernos no pueden suponer ni remotamente que hayan sido los guanacos quienes al prosperar en ambientes de llanura se hubieran agigantado, porque guanacos y paleolamas han vivido desde hace centenares de

miles de años en ambientes de llanura, y los mismos géneros han prosperado en zonas montuosas como en Bolivia, etc. En conclusión, todos los huesos que yo he referido a los Platigonos, y otros a los paleolamas, y procedentes de los túmulos de Santiago del Estero, están muy bien como están.

9º — En algunos túmulos de Santiago del Estero se han exhumado, asimismo, implementos óseos de la fauna exótica (ovejas, cerdos, etc.), pero éstos, como lo expresó el propio Wargner, no hay la seguridad de su posición estratigráfica. Es posible que provengan de la parte superior y que se hayan o los hubiera alguien mezclado con materiales obtenidos de estratos inferiores; como puede haber ocurrido en ese lugar el común fenómeno de la superposición de culturas. Pero de cualquier modo, entiendo que es siempre muy aventurado generalizar un hecho aislado sobre casos aislados, porque grandes núcleos humanos se han desenvuelto muchas veces en una misma área de la superficie. Y en un lugar donde hallamos objetos o restos de animales de épocas relativamente recientes o extraños a la fauna autóctona; en cambio, más abajo podemos encontrar una o muchas capas de terrenos donde los restos óseos pertenecen a la fauna exclusivamente local, como lo evidencian por otra parte, los centenares de ejemplos conocidos ya en otras regiones de Europa, Asia, Africa y América, donde se han advertido, especialmente en el interior de cavernas, series más o menos grandes de superposiciones culturales dejadas por pueblos que han ido desarrollándose a través de los milenios.

También yo me encontré en situaciones parecidas al proceder a exhumar los objetos de las capas situadas en el interior de cuevas de Mendoza y San Juan (Cueva Pintada del Lagarto, etc.) y en cuyas circunstancias pude advertir en la superficie restos de caballos, pero que no ocurría lo mismo con los estratos inferiores donde la fauna era puramente local. Pero un investigador que hubiese procedido con lijereza o sin la precaución que requieren esta clase de búsquedas, los hubiera relegado todo a la época hispánica, cuando en verdad, en dicha cueva, hay estratos con manifestaciones culturales, o por lo menos con restos de animales que corresponden a períodos muy diferentes de la pre y posthispania. Y en Santiago del Estero, como en cualquier otra zona arqueológica del país, es menester también contemplar el mismo caso de las posibles superposiciones porque de lo contrario no sólo se corre el riesgo de equi-

vocarse, sino de dar pie a interpretaciones y hasta a conclusiones completamente erróneas, como algunas de las ya auspiciadas que, a la luz de nuestros conocimientos actuales, carecen de toda consistencia y su recuerdo no producen otra cosa que aumentar la confusión e ir en desmedro del grande servicio que han hecho los hermanos Wagner al reunir durante tantos años de silenciosa y perseverantes búsquedas, todo un cúmulo de elementos de estudios que han de ser alguna vez valorados en su justa y cabal medida.

Bibliografía

CASTELLANOS, ALFREDO. — « Nuevos restos del hombre fósil y de « hornos de tierra cocida » en Santiago del Estero (Argentina) », en *Publicaciones del Instituto de Fisiografía y Geología de la Univ. Nac. del Litoral*, II, pp. 1-33 del separado, Rosario. 1938.

GRESLEBIN, HÉCTOR. — « Sobre la antigüedad de la llamada civilización » Chaco-Santiagueña ». (República Argentina) », en XXV *Congreso Internacional de Americanistas* de 1932, vol. II, pp. 57-74.

KRAGLIEVICH, LUCAS, y RUSCONI CARLOS. — « Restos de vertebrados vivientes y extinguidos de los túmulos prehispánicos de Santiago del Estero », en *Revista Argentina de Ciencias Naturales* (*Physis*), vol. X, pp. 229-241.

PARODI, RODOLFO. — « La presencia del género Palaeolama en los túmulos indígenas de Santiago del Estero », en *Anal. Soc. Cient. Arg.*, vol. CXLIII, pp. 3-9, Bs. As. 1947.

RUSCONI, CARLOS. — « Las especies fósiles argentinas de pecaríes « Tayassuidae » y sus relaciones con las del Brasil y Norte América », en *Anales del Museo de Historia Natural de Buenos Aires*, vol. XXXVI, pp. 121-241, Bs. As. 1930.

RUSCONI, CARLOS. — « Un nuevo caso de polidactilia en un guanaco hallado en un túmulo indígena de Santiago del Estero », en *Revista Chilena de Historia Natural*, vol. XXXIV, pp. 224-227, Santiago de Chile, 1930.

RUSCONI CARLOS. — « Sobre anomalías dentarias numéricas en algunos guanacos vivientes (*Lama guanicoe* Muller) », en *Rev. Arg. Cienc. Naturales*, vol. X, pp. 199-203, Bs. As. 1930.

RUSCONI, CARLOS. — Instrumentos óseos trabajados por indígenas prehispánicos de Santiago del Estero », en *Revista de la Sociedad Amigos de la Arqueología*, vol. VII, pp. 229-250, Montevideo, 1933.

RUSCONI, CARLOS. — « Nuevos restos de vertebrados vivientes y extinguidos de los túmulos prehispánicos de Santiago del Estero », en la obra *La Civilización Chaco-santiagueña*, de E. y R. Duncan Wagner, Bs. As. 1934.

RUSCONI, CARLOS. — « Contribución al conocimiento de la geología de la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores y referencias de su fauna », en *Actas de la Academia de Ciencias de Córdoba*, vol. X, pp. 177-384, Bs. As. 1937.

RUSCONI, CARLOS. — « Cronología de los terrenos neoterciarios de la Argentina en relación con el hombre », en *Boletín de la Academia Nac. de Ciencias en Córdoba*, vol. XXXV, pp. 151-181, Córdoba, 1941.

RUSCONI, CARLOS. — « El hombre fósil de la Argentina en relación a las faunas extinguidas », en *Anal. Primer Congr. Panamericano de Ing. de Minas*, vol. II, pp. 766-818, Santiago de Chile, 1942.

SERRANO ANTONIO. — « Etnografía antigua de Santiago del Estero », en *Boletín del Instituto de Investigaciones Históricas de la Fac. Filos. y Letras*, vol. XVII, pp. 337-374, Bs. As. 1934.

WAGNER, EMILIO R., y DUNCAN. — « La civilización Chaco-santiagueña », vol. I, Bs. As.

WAGNER, E. R., y O. L. RIGHETTI. — « Arqueología comparada », Bs. As. 1946.

Mendoza, mayo 10 de 1947.

EL RIO TERCERO NAVEGABLE

POR EL

ING. F. A. SOLDANO

La posibilidad de hacer navegable el río Tercero y la elección del procedimiento y de las obras tendientes a conseguirlo, es un problema que ha interesado a técnicos y profanos desde los albores del siglo pasado. En el libro « Régimen y aprovechamiento de la red fluvial argentina », que acabamos de publicar (1), nos ocupamos de ese problema dentro de los límites que la índole de la obra consentía. En las líneas que siguen se estudia bajo todos sus aspectos y con la amplitud necesaria esa cuestión, que tanta importancia reviste para la zona central del país, y de cuyo esclarecimiento depende la posibilidad de establecer una vía de comunicación fluvial para embarcaciones de 625 toneladas de desplazamiento, que se internaría hasta 400 kilómetros tierra adentro desde el Paraná, atravesando una de las zonas agrícolas más ricas y más densamente pobladas de la República.

No cabe aquí dilucidar si esa zona, servida ya por una línea férrea, proveería tráfico suficiente a una vía navegable, como para considerarla económicamente conveniente. Entendemos que no es este el problema, que no reside en esa disyuntiva el nudo de la cuestión, ya que el dualismo, o, más concretamente, la lucha entre ambos sistemas de vías de comunicación es absolutamente infundada y carece de razón de ser. Y esto es obvio: el tráfico ferroviario y el tráfico por agua son disímiles y difieren en sus características esenciales; las vías navegables, ríos y canales, sirven para el transporte de mercaderías de mucho volumen y de escaso valor intrínseco, vale decir, en general, materias primas y productos del suelo, cuyo acarreo a los mercados de consumo o a los puertos de embarque es obstaculizado por los altos fletes ferroviarios. A la vez, esa clase de

(1) *Régimen y aprovechamiento de la Red Fluvial Argentina,* del autor. Dos tomos. Buenos Aires, 1947.

mercaderías no puede ser un aliciente para el tráfico ferroviario, por gozar de tarifas generalmente bajas, y exigir mucha capacidad de carga, en vehículos numerosos que casi siempre vuelven vacíos.

La conveniente distribución del tráfico entre ambos sistemas hace, por lo tanto, inadmisible —y perjudicial para el país— la lucha a que nos venimos refiriendo. Esa lucha, injustificada, se inició, según es sabido, en Inglaterra, hace más de un siglo, desde la construcción de los primeros ferrocarriles, llegando éstos a comprar los canales y, en algunos casos a destruirlos, terraplenándolos, para borrar hasta su traza. Esa lucha entre vías navegables y ferrocarriles perdura aún, si hemos de atenernos a lo que sucede actualmente en Estados Unidos, con respecto a la importantísima vía fluvial proyectada a través del río San Lorenzo, emisario terminal de los cinco grandes lagos, y que a través de los mismos, habría de hacer llegar hasta el propio Lago Superior, al puerto de Duluth, grandes barcos de ultramar, pasando por Chicago y Detroit, que así se verían convertidos en puertos oceánicos. Esa vía, que se internaría 1.900 millas, fué proyectada hace un cuarto de siglo por una Comisión de ingenieros encabezada por Herbert Hoover, antes de ser presidente de aquella nación, y su costo fijado en 500 millones de dólares: hasta la fecha, sin embargo, y no obstante que el propio Hoover cuando desempeñó la presidencia y, posteriormente Roosevelt, abogaron por su realización, ese proyecto nunca pasó de tal, no prestándole el Congreso su aprobación, debido a la enconada oposición que las grandes compañías ferroviarias le han suscitado en contra. Recientemente, en declaraciones ante el Comité Senatorial que estudia este asunto, Marshall defendió el proyecto y Hoover demostró que el tráfico ferroviario de la región sufriría una insignificante disminución de sólo un 5 %, correspondiente a las mercaderías cargadas a granel, señalando, de paso, que las industrias allí establecidas necesitan mineral de hierro que hoy no puede llegarles, debido a los elevados fletes por ferrocarril.

En una más modesta escala, la vía navegable que por el río Tercero canalizado se internaría hasta 400 kilómetros del Paraná y que debería completarse, según exponemos a continuación, con el tramo Villa María-Córdoba del canal navegable proyectado por el Ingeniero Huergo, —lo que llevaría esa vía hasta las estribaciones de la sierra, atravesando una zona de tráfico muy apropiado para el transporte por agua— representaría la posibilidad de llevar los minerales

de toda clase que abundan en esa sierra, además de materiales de construcción, cales, mármoles y adoquines, a la vez que cereales, madera, leña, carbón, etc., hoy gravadas con tarifas que reducen al mínimo la utilidad del productor, quién muchas veces se abstiene de cargar sus productos, debido al quebranto que le imponen esas tarifas.

FISIOGRAFÍA DEL VALLE. — De las cumbres de la Sierra Grande en que nace este río, entre las cuales emerge el Cerro Champaquí, (2.800 m), arrancan infinidad de arroyos que dan origen a diversos

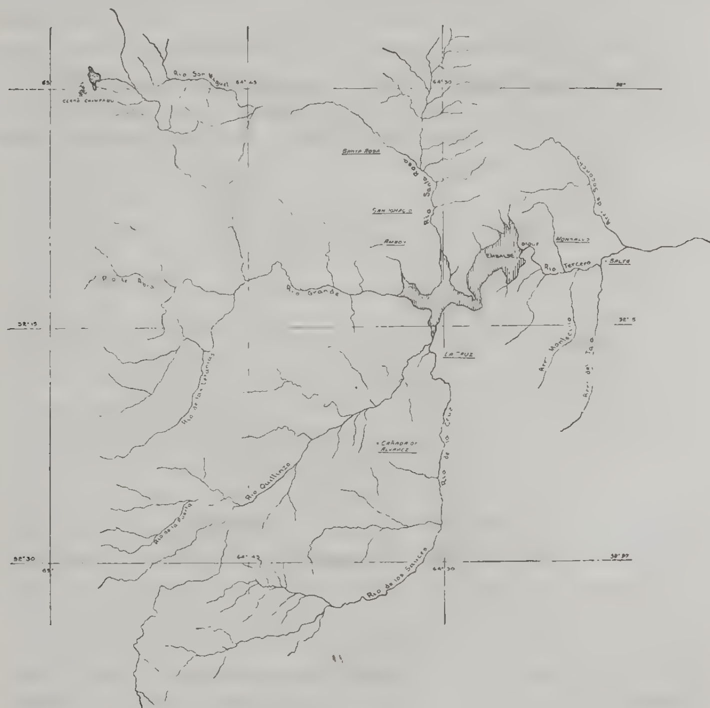


FIG. 1. — Cuenca superior del río Tercero

cursos de agua importantes, tales el río Santa Rosa, el Grande, el Quillinzo y el de la Cruz — que en su curso superior se llama río de los Sauces —, y que es el de mayor longitud pero de menor caudal de los cuatro. Son éstos los principales tributarios del Tercero,

el que toma su nombre aguas abajo de la confluencia de esos ríos, en proximidad del pueblo La Cruz. En ese lugar —más exactamente en el paraje llamado El Pueblito—, se levanta, en la estrecha quebrada que separa la sierra de Los Cóndores de La Cumbrecita, un dique de embalse, de que más adelante nos ocupamos, del que arranca hoy el río Tercero, (fig. 1).

Desde este punto, a los 607 m sobre el nivel del mar, empieza a correr el río entre barrancas de roca, altas de 30,00 a 150.00 m, por un cauce cuyo ancho no pasa de 45,00 m; el lecho lo forman cantos rodados, piedras sueltas y arena. Se dirige el río hacia el este, recibiendo aún las pequeñas corrientes que bajan de la Sierra Chica y de la de los Cóndores; entre La Cascada, 18 km aguas abajo del embalse y el pueblo de Río Tercero, a 39 km de éste, el cauce se ensancha en algunos puntos hasta 100,00 m, a la vez que las barrancas disminuyen de altura, de 30,00 a 15,00 m. Algo más adelante el río entra en la llanura, corriendo de Río Tercero a Villa María,

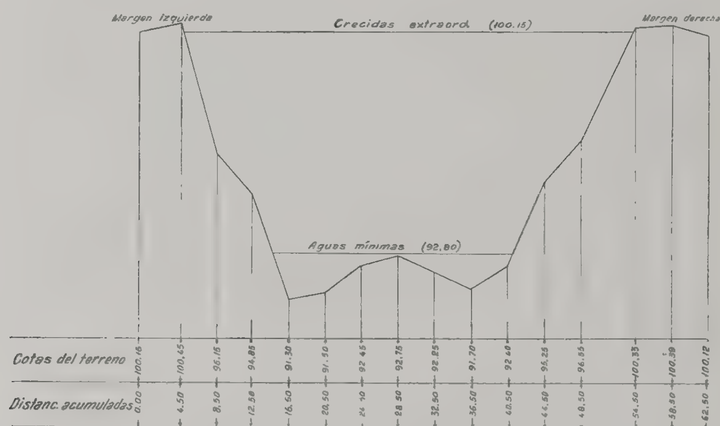


Fig. 2. — Perfil transversal del río Tercero en Bell Ville.

en un cauce que, a veces, llega hasta 250,00 m de ancho, entre márgenes bajas, de arena y quija, de sólo 3,00 a 4,00 m de altura.

La pendiente longitudinal, que en el tramo superior Embalse La Cascada, con un desnivel de 81,60 m, alcanza a 4,50 m/km, disminuye a 1,50 m por km entre este último punto y Villa María. Desde esta ciudad situada a 145 km del embalse, continúa el río tortuosamente por un valle de erosión de 40,00 a 60,00 m de ancho,

encajonado entre barrancas que van de 6,00 a 12,00 m de altura. Aprecen abajo de Bell-Ville, (fig. 2), 86 km al este de Villa María, las primeras formaciones de tosca en el lecho del río, bajo el aspecto de rápidos, los que continúan aflorando en diversos puntos en casi todo el resto de su curso.

La confluencia del río Tercero con el Cuarto tiene lugar a los 75 km abajo de Bell-Ville; el segundo de esos ríos ha tomado el nombre de Saladillo, corriendo en ese tramo terminal entre orillas bajas, anegadizas. El cauce del Tercero tiene en ese paraje un ancho de 55,00 m, con barrancas de 10,00 m de altura. El desnivel total en este tramo de Bell Ville-Confluencia es de 38,85 m (cotas 138,60 m y 99,75 m, respectivamente). La pendiente media es de 0, 52 m/km. A los 60 km aguas abajo de ese punto desagua en la margen izquierda del río el arroyo Tortugas, en proximidad de Cruz Alta, punto desde el cual toma origen el río Carcarañá.

Este viene a funcionar, según ya apuntamos, como el desagüe común de los ríos Tercero y Cuarto y de algunos cauces secundarios, tales el mencionado arroyo Tortugas, la cañada San Antonio, etc. Todo el curso del Carcarañá se desarrolla entre márgenes bajas, de 3,00 a 4,00 m, con un ancho medio de 65,00 m, presentando numerosas sinuosidades que alargan su recorrido. Afloran en el lecho capas de tosca en diversos puntos, formando rápidos. A los 98 km de Cruz Alta pasa el río por el pueblo Carcarañá, donde existe un dique, teniendo el cauce un ancho de 53,00 m; 23 km más adelante se encuentra el dique de Lucio V. López y 17 km aguas abajo otro en Andino. A los 80 km de Carcarañá desemboca el río en un brazo del Paraná, el riacho Coronda, a inmediaciones de Puerto Gaboto, que queda 62 km aguas arriba de Rosario, (fig. 3).

El desnivel entre Cruz Alta, origen del Carcarañá y el pueblo de este último nombre es de 22,50 m (cotas 65,00 m y 42,50 m, respectivamente); la pendiente media en ese tramo es de 0,23 m por km. Entre Carcarañá y la desembocadura en el Paraná el desnivel es de 28,00 m (cotas 42,50 m y 14,50 m, respectivamente); la pendiente media es de 0,35 m por km.

Régimen hidrológico del río. — La cuenca de alimentación del río Tercero se extiende entre la Sierra Grande, al oeste y la Sierra de los Cóndores, al este, separadas por una distancia media de 46 km y con un frente norte-sud de 76 km. Abarca una superficie

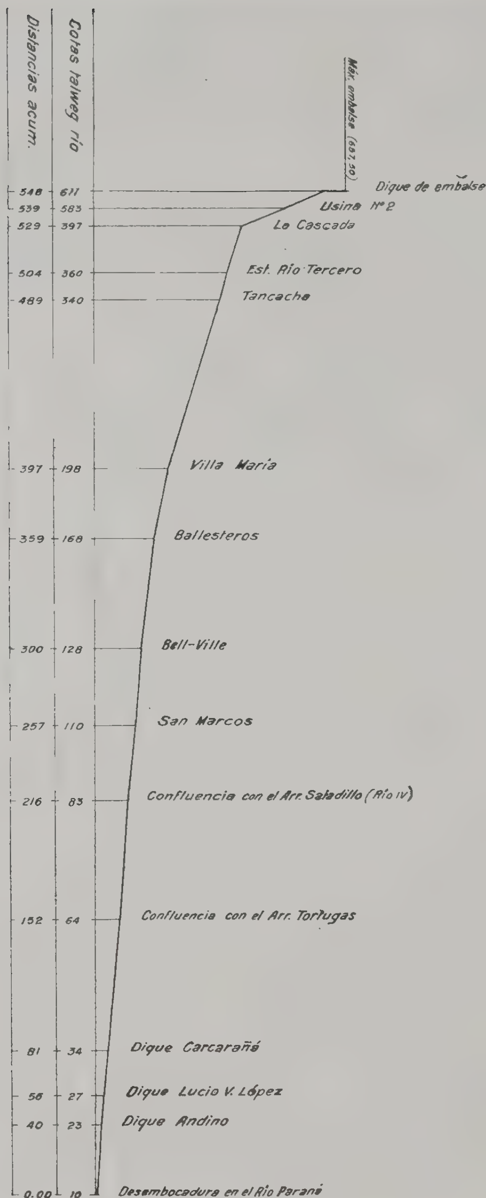


FIG. 3. — Perfil longitudinal del río Tercero-Carcarañá.

de 3.450 km², que puede considerarse como activa en su totalidad, dada la morfología, estructura y constitución de los terrenos impermeables que la forman. Las isohietas de 600 y 700 mm limitan el área de la misma, disponiéndose, empero, de datos más precisos de lluvia anual, registrados sistemáticamente y sin interrupción en el mencionado embalse de El Pueblito, desde el año 1925. Esos valores son los siguientes:

Año 1925	647 mm	Año 1936	728 mm
» 1926	831 »	» 1937	462 »
» 1927	892 »	» 1938	492 »
» 1928	1.178 »	» 1939	967 »
» 1929	643 »	» 1940	799 »
» 1930	927 »	» 1941	654 »
» 1931	1.148 »	» 1942	613 »
» 1932	828 »	» 1943	951 »
» 1933	582 »	» 1944	462 »
» 1934	1.020 »	» 1945	616 »
» 1935	565 »		

El promedio de esas cifras es 762 mm, valor que no podemos aplicar a toda la cuenca, ya que ésta queda limitada al oeste por la normal de 600 mm. Lo más aproximado a la realidad será adoptar, entonces, una altura media entre ambos valores, o sea, 681 mm, aplicando la cual resulta para el volumen de la afluencia meteórica anual media 2.350 Hm³.

Los aforos del río realizados sistemáticamente y en forma ininterrumpida desde el año 1913 primero en un vertedero ubicado en proximidad de El Pueblito y continuados luego utilizando los dispositivos evacuadores del dique de embalse, permiten conocer los elementos hidrológicos del régimen. Uno de ellos, el valor de los caudales mensuales medios, es el siguiente:

Enero	66,27 m³/s	Julio	8,47 m³/s
Febrero	54,56 »	Agosto	7,20 »
Marzo	50,53 »	Setiembre	8,62 »
Abril	28,01 »	Octubre	19,92 »
Mayo	24,65 »	Noviembre	50,21 »
Junio	12,40 »	Diciembre	47,17 »

La curva de la fig. 4, representación gráfica de esos valores, indica que la crecida anual de este río se inicia en noviembre y termina a mediados de abril, culminando en el mes de enero; el resto

del año es de bajante y el mínimo estiaje tiene lugar durante el mes de agosto.

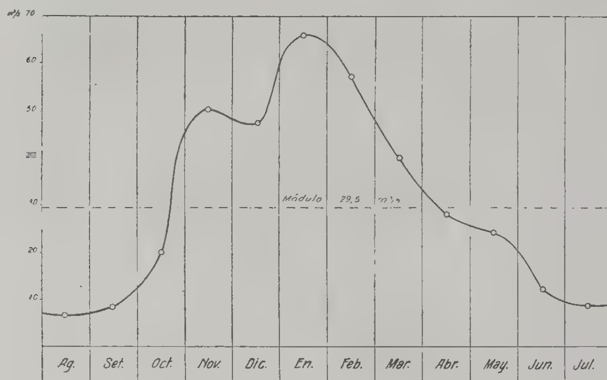


FIG. 4. — Curva del año hidrológico medio del río Tercero en Embalse.

En el cuadro siguiente englobamos los valores de los derrames y los caudales medios anuales registrados en el período 1913-1944:

CUADRO I

Año	Derrame anual Hm³	Módulo m³/s	Año	Derrame anual Hm³	Módulo m³/s
1913	700	22,2	1929	696	22,0
1914	945	30,0	1930	1,031	32,7
1915	1.063	33,5	1931	1.608	50,7
1916	188	6,0	1932	1.352	42,8
1917	373	11,8	1933	605	19,1
1918	1.064	34,2	1934	956	30,2
1919	1.666	52,6	1935	489	15,5
1920	713	22,6	1936	741	23,4
1921	833	26,4	1937	440	14,1
1922	1.184	37,5	1938	392	12,4
1923	938	29,7	1939	981	31,0
1924	298	9,4	1940	833	26,3
1925	629	19,9	1941	753	23,8
1926	691	21,9	1942	531	16,8
1927	956	30,3	1943	1.058	27,6
1928	1.741	55,0	1944	956	30,2

El derrame anual medio, promedio de las cifras anteriores, es 826 Hm^3; el módulo es 29,5 m^3/s.

El caudal máximo instantáneo en ese período, registrado el 5 de mayo de 1928, anteriormente a la terminación del dique, alcanzó a 1.305 m^3/s. El caudal mínimo, de 1,9 m^3/s, fué observado en noviembre de 1916, a cuyo año corresponde también el valor más pequeño del derrame anual, 188 Hm^3. El caudal específico es de 8,7 litros por segundo y por km^2 de cuenca.

Comparando el valor del derrame medio, 826 Hm^3, con el de la afluencia meteórica, 2.350 Hm^3, se tiene el del coeficiente de derrame de la cuenca, 0,35.

INUNDACIONES. — Antes de la formación del embalse de El Pueblito las crecidas extraordinarias del río ocasionaban inundaciones en zonas más o menos extensas, desde aguas arriba de Villa María hasta la provincia de Santa Fe. Entre las que mayor amplitud alcanzaron, se recuerdan las de diciembre de 1891 [1], enero de 1897, diciembre de ese mismo año, abril de 1903, abril de 1914, enero de 1915 y marzo de 1919.

La excepcional crecida de febrero de 1931, simultánea en los ríos tributarios del Tercero, fué, felizmente, contenida por el dique, cuya construcción estaba bastante adelantada en esa época. Dicha crecida presentó tres ondas distintas, que culminaron respectivamente en los días 9, 11 y 18 de febrero, y que, sin la acción reguladora del embalse, hubieran producido perjuicios considerables en el valle, aguas abajo de Villa María.

La capacidad de ese embalse, 560 millones de metros cúbicos, es suficiente para absorber los caudales máximos de las crecidas simultáneas que puedan llevar los ríos que lo forman.

DOTACIÓN NORMAL DEL RÍO TERCERO. — El proyecto de embalse formulado en el año 1911 fijó en 7 m^3/s la dotación normal del río Tercero [2], aguas abajo del dique, para atender las necesidades de los usuarios respectivos. Ese caudal, que representa un consumo anual de 217.700.000 m^3, reserva en el embalse, con destino al

(1) Esta crecida de 1891 parece haber sido la más alta observada. Según cálculos del proyecto de embalse, en base a datos de antiguos moradores del lugar, el caudal respectivo alcanzó a 2.000 m^3/s.

(2) *Boletín del Ministerio de Obras Públicas*, febrero de 1911.

riego, agua suficiente para 55.000 hectáreas. Reduciendo esa superficie regada a 52.940 hectáreas, se podría aumentar la dotación arriba indicada hasta 9 m^3/s.

Posibilidad de asegurar la navegabilidad del río. — Como ya se dijo anteriormente, es esta cuestión una de las que más han apasionado a técnicos y profanos desde los comienzos del siglo pasado, remontándose al virrey Sobremonte, según de Moussy, el propósito de hacer recorrer el río Tercero para formarse una idea exacta respecto de su navegabilidad. Dice ese autor en su conocida « Description de la Republique Argentine », según transcripción del ingeniero Luis A. Huergo (1) : « Recién a principios del siglo XIX se empezó a preocupar de la navegabilidad del río Tercero. El virrey Sobremonte quiso hacerlo examinar, a objeto de emprender los trabajos y hacerlo accesible. Un ciudadano de Córdoba, don Antonio Benito Fragueiro, se ofreció para hacer este reconocimiento si el Gobierno destinaba 1.000 pesos fuertes para sufragar los gastos del reconocimiento. Preocupado el virrey con las invasiones inglesas de 1806 y 1807 y con los sucesos que fueron su consecuencia, no pudo llevarse a cabo este ensayo ».

Cita Huergo a continuación las diversas tentativas realizadas con el propósito de reconocer el curso del Tercero: la del piloto José de la Peña, en el año 1813, el viaje aguas abajo de don Mariano Fragueiro en 1826 y el de don Angusto Liliedal en 1856, embarcándose este último el 24 de noviembre de ese año, frente a Villa Nueva, en época de crecidas del río, en una canoa con la que se dirigió hacia aguas abajo. El propio Huergo trató en agosto de 1889 de remontar el río desde el molino de Carcarañá, empleando una lancha a vapor, habiendo fracasado en su intento, debido a algunos rápidos con que tropezó como a 10 km aguas arriba de ese molino. Resolvió, entonces, descender el río desde Bell-Ville, en una canoa de 0,20 m de calado, lo que pudo realizar sin inconvenientes, aunque con algunas dificultades al pasar los rápidos que abundan aguas abajo de Bell-Ville.

Los estudios y reconocimiento efectuados por ese esclarecido ingeniero se vinculaban con el proyecto del canal navegable de Córdoba al Paraná que en esa época, 1889-1890, estaba preparando.

(1) Huergo, Luis A. - *La Navegación Interna de la República Argentina.* Buenos Aires, 1902.

La conclusión a que llegó respecto de la navegabilidad del río en las condiciones en que se encontraba no puede ser más desfavorable. Después de una detallada descripción del cauce, indicando el ancho del mismo, la altura de las barrancas, la pendiente del fondo, etc. — datos resumidos en una interesante planilla agregada al informe que acompaña el proyecto del mencionado canal (1) — agrega: « El lecho del río, abajo de Bell-Ville, es todo de tosca y puede considerarse impermeable, presentando, en consecuencia, grandes facilidades para el establecimiento de represas y formación con ellas de depósitos parciales para el arranque de canales de alimentación a cualquiera de navegación lateral; pero no es en sí mismo navegable, ni puede hacérsele tal sin un costo excesivo ».

Doce años más tarde, en 1902, al publicar el ingeniero Huergo su « Navegación Interna en la República Argentina » que ya citamos, confirma esa opinión desfavorable, después de reproducir los datos de aquel proyecto, agregando terminantemente: « Estas son las condiciones verdaderas del río Tercero y nunca ha podido ser, concientemente, considerado como río navegable ».

El río Tercero no era, en efecto, navegable, en las condiciones en que lo recorrió Huergo. Con caudales de sólo algunos cientos de litros por segundo durante los estiajes y tirantes de agua no mayores de 0,20 a 0,30 m, era visiblemente pueril creer en esa época en un « río Tercero navegable ». Debían de pasar varias décadas y salvarse desalentadoras dificultades antes de que aquellas condiciones naturales fueran profunda y favorablemente modificadas a ese respecto; se había de llegar al año 1936, cuando, inaugurado el dique de embalse de El Pueblito, se observara esa rotunda e integral modificación en el régimen del Tercero, así regularizado, y que importaba asegurar un caudal constante mínimo en el río de 7 m^3/s. Esa obra revolucionó, pues, por completo, los datos, premisas y elementos de juicio en que hasta entonces se había basado la idea de la navegabilidad del río Tercero. Este curso de agua no era ya en 1936 el mismo que Huergo había conocido en 1889, y, de haber vivido éste habría espontáneamente, con su proverbial honradez y seriedad de juicio, admitido el hecho.

Una comisión técnica de la Dirección de Navegación y Puertos que estudió en 1926 esa misma cuestión llegó, por su parte, tam-

(1) HUERGO, LUIS A. — *Canal de Navegación de Córdoba al río Paraná.* Publicación oficial. Buenos Aires, 1890.

bién a una conclusión desfavorable, condensada en los términos siguientes: « En resumen, en sus condiciones naturales, el río Tercero no puede ser considerado como navegable; su mejora por canalización lo harían limitadamente, en términos tales que económicamente aparece prima facie, como de imposible realización práctica y económica ».

Confesamos no alcanzar el sentido de la primera parte de esa conclusión, es decir, del río navegable « limitadamente » por obras de canalización, ya que cuando esas obras son bien proyectadas y funcionan debidamente, aseguran un tirante de agua compatible con el calado de las embarcaciones que navegan por ese río, haciéndolo en todo tiempo y con cualquier estado de las aguas.

Menos justificada es la opinión de que obras de canalización serían de « imposible realización práctica y económica ». Dejemos a un lado lo de « práctica » — ya que todas las realizaciones son prácticas — y veamos lo de « económica ». Ese informe no funda en dato alguno de tráfico ascendente y descendente, de gastos de construcción, de explotación y de conservación, etc., lo « antieconómico » de esas obras, habiendo debido determinar antes el costo del transporte por tonelada-kilómetro de ese tráfico y compararlo con el correspondiente a otras vías de comunicación: canal lateral o vía férrea, por ejemplo, para sólo entonces emitir tal juicio sobre la conveniencia económica de obras de canalización.

Lo único atendible en esa conclusión es su opinión sobre las « condiciones naturales » desfavorables del río Tercero, a que alude, y que, desde luego, eran las mismas que las de 30 años antes. Le bastaba a esa comisión haberse referido simplemente a ellas.

Una solución. — Los ríos que no son naturalmente navegables pueden serlo por medio de obras ad-hoc: obras de regularización u obras de canalización. Las primeras, como se sabe, son apropiadas en ríos cuya pendiente longitudinal no pasa de 0,30 a 0,40 m/km y cuyos caudales de estiaje no bajan de 30 m^3/s; esto último para que pueda existir un prisma de agua de dimensiones suficientes como para que puedan flotar en él dos embarcaciones que se cruzan. ¿Sería utilizable en nuestro caso esa categoría de obras? La pendiente longitudinal en los distintos tramos, desde Villa María hasta la desembocadura, es la siguiente:

Villa María-Bell Ville	81 km	0,67 m/km
Bell-Ville-Boca Saladillo	75 »	0,52 »
Boca Saladillo-Arroyo Tortugas	65 »	0,57 »
Arroyo Tortugas-Carcarañá	95 »	0,31 »
Carcarañá-Desembocadura	81 »	0,29 »

Salvo los dos últimos tramos, que comprenden el río Carcarañá, propiamente dicho, el que se inicia en la confluencia con el arroyo Tortugas, el resto del recorrido presenta pendientes muy superiores a las admitidas en obras de regularización. A la vez, el caudal disponible, 7 m²/s, es inferior al que las mismas exigen.

Desechada la posibilidad de hacer navegable el Tercero por obras de regularización, consideremos la solución correspondiente a obras de canalización, las que consisten, según es sabido, en sobreelevar el nivel del agua hasta obtener una altura compatible con el calado de las embarcaciones, por medio de una serie de diques transversales, que vienen a dividir el curso del río en tramos distintos, salvando el desnivel entre dos tramos consecutivos por el empleo de esclusas acopladas a dichos diques.

El valor de la pendiente en los varios tramos es, desde luego, compatible con esta clase de obras. Si bien los tramos superiores, con pendientes mayores de 0,50 m/km necesitarán diques más próximos uno del otro, ello no importará ninguna dificultad técnica. El río Moldava, en el tramo de Budweis a Praga, Checoeslovaquia, ha sido canalizado desde el año 1902, presentando un desnivel de 195,00 m en un trecho de 172 km. Ha sido salvado ese desnivel por medio de 34 diques móviles, los últimos de los cuales tienen caídas de 10,00 a 12,00 m. La pendiente del río es, como se ve, de 1,30 m/km, valor doble de la más fuerte que presenta el Tercero, en el tramo Villa María-Bell Ville.

Para determinar el número de diques necesarios fijaremos, ante todo, el tipo y dimensiones de las embarcaciones. Adoptamo chatas de hierro de 500 toneladas de carga útil [1], cuyo desplazamiento será de 625 t y sus dimensiones las siguientes:

Eslora	58,00 m
Manga	7,20 »
Calado	1,60 »

[1] En un interesante trabajo presentado por el ingeniero Carlos Posadas al Congreso Nacional de Minería, de noviembre de 1944, sobre Navegación Interior, se adopta para una vía navegable de Córdoba al Paraná, embarcaciones de 1.760

Cada dique deberá asegurar, por lo tanto, al pie del que le sigue inmediatamente aguas arriba y en la respectiva esclusa fluvial acoplada, un tirante de, por lo menos, 2,00 m (fig. 5).

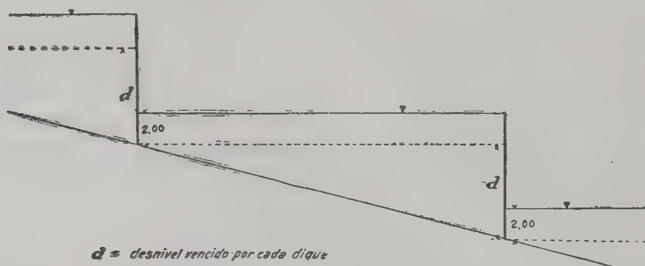


FIG. 5. — Esquema de canalización de ríos: el tirante de agua verdadero es siempre mayor que el indicado en la figura, dado el perfil parabólico y no horizontal que asume el remanso.

Las obras de canalización del río Tercero no hacen necesaria la adopción de diques móviles, por la razón de que el embalse de El Pueblito ha suprimido las crecidas en el río, aguas abajo. Los dispositivos móviles que sirven, cabalmente, para restablecer la sección natural de escurrimiento durante las crecidas, carecerían de objeto en el caso del Tercero. Este sería un río canalizado « sui-géneris », ya que anteriormente a su canalización el régimen del mismo ha sido regularizado.

Hemos considerado con todo detenimiento esta importantísima cuestión relacionada con las estructuras más adecuadas a utilizar para la canalización del río Tercero, confrontando las características del mismo con las de otros cursos de agua convertidos en vías navegables por medio de obras de canalización, algunos de los

---

toneladas de porte. No nos explicamos esta cifra, conociendo bien la zona en que esa vía se desarrollará, su tráfico probable no superior a 1.200.000 t y recordando de algunos canales y ríos navegables recorridos en Europa, varios de ellos de gran tráfico, cuyas embarcaciones de mayor porte no pasaban de 1.000 t. En especial mencionaremos el canal Hohenzollern, que une la zona de Berlín, puerto interior en el Havel, con 4.600.000 habitantes (hablamos del año 1937, en que visitamos esa obra), con el gran puerto de Stettin; ese canal, con un tráfico de 5.000.000 de t, fué proyectado para embarcaciones de 600 t de carga útil, habiendo sido luego modificado para barcos de hasta 1.000 t. El grandioso elevador de Niederfinow, inaugurado en 1934, que salva, a mitad de camino entre aquellas dos ciudades, un desnivel de 36,00 m, el más alto conocido, fué construído en vista de ese tráfico y de su probable incremento, para barcos no mayores de 1.000 toneladas.

cuales hemos tenido oportunidad de visitar, tales el dique móvil con compuertas Stoney sobre el Adigio, en Chievo; los varios diques del Sena, con compuertas Chanoine o elementos Poirée; el dique con cilindro rodante sobre el río Main, cerca de Francfort, etc.; habiendo llegado a la conclusión de que nuestro río Tercero presenta con relación a los que que acabamos de nombrar y otros que han sido objeto de obras de esa clase, como el Ohio, el Mosa, etc., la condición excepcionalmente favorable — caso único, según creemos, entre todos los conocidos hasta la fecha — de poseer un régimen regularizado con anterioridad a las obras de canalización.

Desaparece, de este modo, el peligro de desbordes, una vez absorbidas las crecidas del río en el grandioso embalse de El Pueblito, quedando alimentado el río por un caudal constante mínimo de 7 m^3/s; nada obsta, entonces, que en lugar de presas móviles — en nuestro caso innecesarias y, en general, muy costosas en su construcción, funcionamiento y conservación —, sean adoptados diques fijos, provistos de un descargador central y su correspondiente esclusa fluvial.

Creemos suficientemente justificado este concepto, que hemos sopesado amplia y maduramente. De todas maneras, aún en el caso, que juzgamos improbable, de que se demostrara su inconsistencia y la necesidad de emplear estructuras móviles, ello no invalidaría en absoluto el eje de la cuestión «navegabilidad del río por canalización», fundada en los dos elementos esenciales: *pendientes compatibles y caudales suficientes* para tal clase de obras. Aumentaría el factor *costo,* es cierto, pero, según demostramos más adelante, existe tan grande diferencia a favor del costo kilométrico del río canalizado con relación al de un canal lateral de doble vía, que — permaneciendo el mismo el costo de las esclusas y el de las plateas de fundación de los diques, variando solamente el de las superestructuras — aun así, resultaría visiblemente más aceptable la solución «río canalizado».

La cresta de esos diques estará enrasada a 1,00 m debajo del borde de las orillas, siendo de advertir que para los casos de crecidas extraordinarias excepcionales que se presenten mientras esté lleno el embalse y se vuelquen por el vertedero de seguridad del dique aumentando el caudal del río, la completa abertura de las puertas de las esclusas, además de la napa vertiente en cada dique, permitirá que en tales casos pueda escurrirse ese mayor caudal, evitando

así una sobreelevación del nivel del agua que provoque desbordes. Es claro que en esas crecidas quedará interrumpida la navegación, como en todo río canalizado.

La utilización de diques fijos haría posible además — condición económica importantísima —, construir muros de gran altura, aprovechando al máximo la considerable profundidad del cauce, en el que las barrancas alcanzan, en la mayor parte del curso del río, alturas de 6,00 a 12,00 m, presentando alturas menores, entre 3,50 m y 4,00 m sólo en un trecho de 42 km, comprendido entre las progresivas km 171 [1] y km 129.

Agotando el acopio de elementos de juicio que nos han permitido determinar el número y altura de los diques necesarios, damos en los Cuadros siguientes las características entre Bell Ville y Carcarañá, tramo de mayor tortuosidad y variabilidad de formas, según datos de cotas de nivel y dimensiones del cauce extraídos de la Memoria Descriptiva del Canal Huergo y verificados de visu algunos de ellos [1]:

CUADRO II

Tramo Bell Ville-Boca Saladillo

Progresiva km	Cotas de nivel			Ancho entre barrancas m	Ubicación y altura diques
	Fondo m	Barranca izquierda m	Barranca derecha m		
316,800	137,32	146,53	145,44	44,00	Dique de 7,00 m
306,300	130,52	140,63	138,71	40,00	» » 7,00 »
294,000	125,20	136,34	134,40	35,00	» » 7,00 »
277,900	114,78	126,68	126,27	48,00	» » 10,00 »
265,000	110,64	120,21	120,19	69,00	» » 8,00 »
250,750	99,75	108,97	110,93	55,00	» » 8,00 »
241,800	101,83	108,22	108,33	86,00	» » 6,00 »

La progresiva km 241,800 queda 300,00 m, aproximadamente, aguas arriba de la confluencia del río Tercero con el Saladillo (río Cuarto).

[1] A contar desde la desembocadura en el Paraná. Esta progresiva corresponde a 5,4 km aguas abajo de la boca del arroyo Tortugas.

[2] Al determinar la distancia entre diques, hemos descuidado el aumento de tirante producido por la curva del remanso con respecto a la horizontal que pasa por la cresta del dique inferior, que hemos adoptado, colocándonos, así, en condiciones más desfavorables.

CUADRO III

Tramo Boca Saladillo-Arroyo Tortugas

Progresiva km	Cotas de nivel			Ancho entre barrancas m	Ubicación y altura diques
	Fondo m	Barranca izquierda m	Barranca derecha m		
237,000	99,70	106,28	106,36	39,00	Dique de 6,00 m
231,500	97,77	104,05	103,85	66,00	» » 5,00 »
219,600	93,34	100,69	100,52	68,00	» » 6,00 »
204,000	87,80	96,88	97,00	55,50	» » 8,00 »
193,800	84,33	92,18	92,38	60,00	» » 7,00 »
187,300	82,26	88,68	87,94	67,00	» » 5,00 »
176,000	80,41	86,17	85,45	50,00	» » 5,00 »

La progresiva km 176,000 queda 250,00 m, aproximadamente, aguas arriba de la confluencia del río Tercero en el arroyo Tortugas, en la que se inicia el río Carcarañá.

CUADRO IV

Tramo Arroyo-Tortugas-Carcarañá

Progresiva km	Cotas de nivel			Ancho entre barrancas m	Ubicación y altura diques
	Fondo m	Barranca izquierda m	Barranca derecha m		
171,500	77,39	81,06	81,80	62,50	Dique de 3,00 m
167,200	77,09	80,65	80,61	96,00	» » 3,00 »
161,900	74,87	78,96	78,54	56,50	» » 3,00 »
156,100	73,30	77,53	77,24	74,00	» » 3,00 »
147,000	69,76	73,61	74,18	61,00	» » 3,00 »
140,600	68,35	73,58	73,29	80,50	» » 4,00 »
127,100	64,27	69,83	70,04	56,00	» » 5,00 »
114,200	61,27	67,43	67,56	66,50	» » 5,00 »
98,500	56,24	63,25	63,05	56,00	» » 6,00 »
85,400	52,41	58,48	57,59	62,00	» » 5,00 »
65,650	44,82	53,82	53,65	78,00	» » 8,00 »

La progresiva km 81,400 corresponde a la ubicación del dique que acciona un molino existente en Carcarañá (fig. 6).

Completando los datos de los cuadros anteriores agregaremos que en el tramo Villa María-Bell Ville, con un desnivel total de 59,40 m, deberán construirse 10 diques de 6,00 m y 3 de 8,00 cada uno.

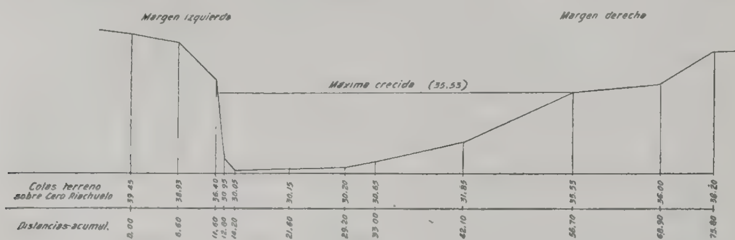


FIG. 6. — Perfil transversal del río en Carcarañá.

En el tramo terminal Carcarañá-Desembocadura, que presenta un desnivel de 23,50 m, irán 6 diques de 5,00 m y 3 de 4,00 m cada uno (fig. 7).

Se ha fijado el costo de los 47 diques que en total requeriría la canalización del río, aguas abajo de Villa María, adoptando como largo de los mismos 50,00 m, al que agregando el espacio ocupado por la esclusa, 8,00 m de ancho del cuenco y 3,50 m el espesor medio de cada muro lateral, se tiene, en conjunto, una longitud de obra de 65,00 m. Ese valor representa, con aproximación, el ancho medio del cauce; según se observa en los precedentes Cuadros, el promedio aritmético de las anchuras es de 62,40 m.

Utilizando muros de hormigón hidráulico y sumando al costo de cada tipo de dique el de la esclusa respectiva, que puede, en media, fijarse en $ 350.000 cada una, se tiene para los distintos tramos las cifras globales y los costos unitarios, por kilómetro de río canalizado, que siguen:

CUADRO V

Tramos	Costo total	Costo por km
Villa María-Bell Ville	$ 7.876.200	$ 97.800
Bell Ville-Boca Saladillo	» 4.543.600	» 60.000
Boca Saladillo-Arroyo Tortugas	» 4.371.000	» 67.200
Arroyo Tortugas-Carcarañá	» 6.435.000	» 67.700
Carcarañá-Desembocadura	» 5.119.200	» 63.200

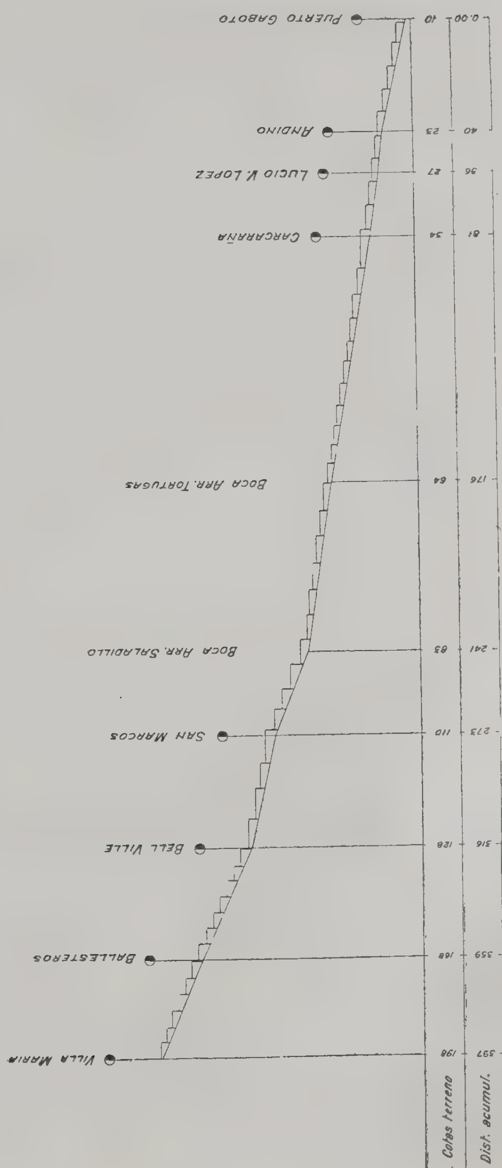


FIG. 7. — Perfil longitudinal y ubicación de los diques en el tramo a canalizar, Villa María-Puerto Gaboto.

El importe total de los cinco tramos alcanza a $ 28.345.000 m/n, habiéndose cargado a los costos parciales un 15 % para imprevistos. Desde luego que en esas cifras está comprendido el costo de construcción de obras accesorias, caminos de sirga, pequeños puertos intermedios y terminales, etc.

En presencia de esos valores cabe ya comparar el costo unitario, por kilómetro, del río canalizado, con el de un canal lateral al mismo, a fin de apreciar su conveniencia. Si tomamos los datos del proyecto del canal lateral al río Bermejo, preparado en 1936, el que para una longitud de 720 km que tiene esa obra presenta un presupuesto de $ 85.000.000 — incluído un 15 % para imprevistos —, del que resulta un costo por kilómetro de $ 118.000 m/n, que a los precios actuales de materiales y mano de obra alcanzarían, sin duda, alrededor de los $ 160.000 m/n, no podría la comparación entre estas cifras y las del cuadro anterior ser más favorable a estas últimas. La exactitud de la comparación, sin embargo, exige tener en cuenta la diferencia de longitud entre el recorrido del Tercero canalizado, 397 km desde Villa María, y la que tendría un canal lateral que uniera esta ciudad con el Paraná, en media 303 km [1].

Aplicando a esta cifra el costo unitario del canal lateral al Bermejo, $ 160.000 — que en realidad debería aun ser aumentado, por utilizarse en aquel proyecto esclusas de madera dura, provista desde las inmediaciones del canal, en lugar de las de hormigón hidráulico, contempladas en nuestro estudio del Tercero —, resultaría para el canal de Villa María al Paraná un costo de $ 48.480.000, superior en 71 % al del río canalizado.

Queda aun por examinar el aumento de gastos directos de navegación, combustible, personal, lubricantes, etc., que representa la diferencia de recorrido, 94 km, entre ambas soluciones, río canalizado y canal.

Adoptando una velocidad de marcha en las barcazas, que supondremos autopropulsoras, de 7 km por hora, ese mayor recorrido por el río representa 13,5 horas.

A esa velocidad las embarcaciones podrán efectuar un viaje redondo por el río, ida y vuelta, en 30 días, tomando en cuenta 11 días empleados en puertos, carga, descarga, etc., y 4 días necesarios para reparaciones, limpieza de máquinas, etc. En los 12 viajes

[1] Del proyecto del Canal Huergo.

redondos anuales que las barcazas de 500 t de carga útil efectuarán, podrán transportar 6.000 t cada una. Para mover 1.050.000 t, tráfico anual calculado para el canal Huergo por la Comisión que actualizó ese proyecto en 1927 (1), y que puede hoy considerarse aumentado, por lo menos, a 1.200.000 t, se necesitarán 200 barcazas, que en razón de 0,200 kg de fuel oil por caballo-hora, gastarán en las 13,5 horas 216 toneladas de combustible.

Agregando al precio de éste un 10 % para lubricantes y $ 6.720 correspondiente a sueldos y manutención del personal embarcado durante las referidas 13,5 horas, llegaremos a un total de $ 18.600, o sea, en cifras redondas, $ 20.000 al año, en contra de la solución « río Tercero canalizado ».

El solo interés al 4 % sobre la diferencia de costo de las dos soluciones consideradas, importaría $ 800.000 a favor de la misma.

No terminaremos este estudio — en el que detenidamente hemos tratado de esbozar nuestro concepto favorable a la habilitación del río Tercero como vía navegable para embarcaciones de gran porte, por medio de obras de canalización —, sin vincular esta idea con la del canal Huergo. Hacer arrancar esta vía fluvial desde Villa María importaría desechar la rica zona que se extiende entre esta ciudad y Córdoba, además de la que rodea a esa capital, emporio agrícola-industrial de real importancia, que proporcionaría casi la mitad del tráfico a la vía navegable. Llevar esa parte del tráfico en ferrocarril hasta Villa María y de allí trasbordarlo a embarcaciones para seguir por el río no sería la mejor solución, por el recargo de gastos de carga, descarga, eslingaje, etc., sin contar las pérdidas propias de todo trasbordo.

Una vía navegable interna debe constituir en toda su extensión una unidad funcional, del punto de vista técnico y económico (2),

(1) Esa Comisión Mixta, designada por los gobiernos de Córdoba y de Santa Fe, estimó ese tráfico en la forma siguiente:

Cal	250.000 t
Cereales	500.000 »
Harina	150.000 »
Varios: Alfalfa, cueros, madera, piedra, carbón, etc.	150.000 »

(2) Tal la vía navegable de Dortmund a Ems, en Alemania, que comprende el tramo superior en canal, luego el río Ems canalizado y, por último, el Ems regularizado.

con tráfico anual propio, alimentado por la producción de la zona que sirve, suficiente para asegurar la rentabilidad de la obra, sin que su éxito deba depender —*conditio sine qua non*— de la buena o mala voluntad de otro sistema de vías de comunicación y de transportes, vale decir, de la cooperación o lucha económica con empresas ferroviarias, por ejemplo.

El conjunto integral de esa futura vía navegable debería comprender, por lo tanto, las dos secciones que se complementen económicamente: un canal desde Córdoba hasta Villa María, seguido por el río Tercero-Carcarañá canalizado.



FIG. 8. — Detalle de la desembocadura del río.

Podrá acortarse el recorrido de este último en cerca de 26 km, sustituyendo el tramo terminal, aguas abajo del codo cerrado de Jesús María (fig. 8), que forma el curso del río en la progresiva km 31,300 dirigido hacia el noroeste, por un trozo de canal que desde esa progresiva se dirija hacia el Paraná, con una longitud aproximada de sólo 5,5 km.

¿Será suficiente, por último, la dotación legal permanente, de 7 m^3/s, que el embalse debe proveer a los usuarios inferiores, para

asegurar la alimentación de las esclusadas y cubrir las pérdidas por evaporación en el río canalizado?

Teniendo el cuenco de las esclusas 60,00 m de largo útil y 8,00 m de ancho, con una caída de 10,00 [1], que corresponde a la esclusa más alta — tramo Bell Ville-Saladillo —, el volumen de agua de cada esclusada será de 4.800 m³. El número de esclusadas diarias será de 13, demandando ellas un volumen total, por lo tanto, de 62.400 m³, o sea, 0,730 m³/s.

Las pérdidas por evaporación en la superficie hídrica de los 397 km de río canalizado, con un ancho medio de 65,00 m, adoptando — colocándonos en el peor de los casos — la altura de evaporación registrada en El Embalse, 1,854 m al año, dará 47.000.000 m³ en cifras redondas, equivalente a 1,50 m³/s.

El consumo de agua por esclusadas y las pérdidas debidas a la evaporación quedan, como se ve, ampliamente cubiertas por la dotación normal del río.

Debemos, por último, referirnos a una cuestión que debe merecer atención al estudiarse todo proyecto de canalización de ríos, cual es el posible atarquinamiento del cauce de los mismos producido por el material sólido arrastrado por las aguas, más de temer en nuestro caso, dado que se trata de adoptar para las obras de canalización un sistema de diques fijos y no obstante que los mismos serían dotados de descargadores provistos de compuertas. Digamos, sin embargo, que el peligro de atarquinamiento para nuestro río Tercero canalizado es mucho menor de lo que a primera vista parece, siendo la razón de ello muy sencilla: los sedimentos que los tributarios de aquél llevarán durante sus crecidas irán a depositarse, naturalmente, en el embalse de El Pueblito, decantándose allí las aguas almacenadas, las que son evacuadas una vez despojadas casi totalmente de esos sedimentos. Apuntamos, a mayor abundamiento, que el funcionamiento de los descargadores centrales de los diques y el oportuno manejo de las puertas de las esclusas, si fuera necesario, podrían producir el desareno de la zona próxima a la ruta de navegación.

De construirse un dique de embalse en la confluencia del arroyo Tortugas con el Tercero para aprovechamiento de fuerza hidráulica, del que se ha hablado, vendría a obtenerse, con la decantación de las aguas del Saladillo y del Tortugas, un nuevo elemento favo-

[1] Desnivel hídrico entre dos tramos contiguos.

rable para la conservación de la sección del río, libre de atarquinamiento. Ese dique de embalse, por otra parte, no sólo no obstaculizaría la navegabilidad del río, sino que la facilitaría en el trecho correspondiente al espejo de agua formado por el embalse. Dos o tres esclusas en serie salvarían el desnivel hídrico entre la superficie del lago y el tramo inmediato inferior del río canalizado.

Destinadas estas líneas exclusivamente al estudio de la posible navegabilidad del río Tercero, no nos ocupamos del interesante problema conexo, cual es el relacionado con el aprovechamiento de fuerzas hidráulicas que el desnivel total del río, entre Villa María y el Paraná, 188,00 m, el caudal permanente de 7 m^3/s y la utilización de los diques destinados a la canalización, permiten entrever. *Grosso modo* podría obtenerse alrededor de unos 10.000 HP de fuerza, inmediatamente utilizables dentro de la rica zona que el río atraviesa.

LA EDUCACION DE LA MANO

POR EL

ING. RICARDO J. GUTIERREZ

La decadencia que se acusa en la mano de obra experta como consecuencia de la aplicación de las máquinas a la producción y que, al acentuarse, tendería a hacer desaparecer aquella, ha sido denunciada como un síntoma alarmante sin precisar en forma definida la razón para fundar dicha alarma, pues la observación de los hechos desde el punto de vista puramente económico no la justificaría.

Es lógico que no se discutan las ventajas de la producción uniforme y su corolario: la normalización de los materiales y las formas, y con ello se acepte como consecuencia de la repetición cíclica de los movimientos operatorios, la automatización de las máquinas, conjunto de fenómenos que caracterizan la tendencia de la evolución industrial de nuestro tiempo. Todo esto ha producido una más amplia distribución de los bienes materiales y una elevación de eso que se ha dado en llamar standard de vida de los pueblos.

Además, al suprimir la acción sensorial en la producción desde el corte en la máquina herramienta hasta el control de las medidas mediante el calibrado, se ha conseguido, como se ha hecho notar en otras oportunidades, la eliminación de los errores personales, de la acción perniciosa de la fatiga por los movimientos corporales; y al transferir la habilidad del hombre a la máquina esa transferencia se ha hecho, no sólo en su valor cualitativo original sino mejorándolo casi siempre.

Así la mano, elemento de trabajo limitado sólo por las dimensiones y las características físicas del organismo al que pertenece, se prolonga en la herramienta manual eliminando en parte esas limitaciones, y al colocar la herramienta en la máquina se le da fuerza para su propulsión, rigidez para su sostén, exactitud para sus movimientos y capacidad dimensional ilimitada para el trabajo. La

máquina ha impuesto una técnica especial que le es propia, y según sus reglas se ha desarrollado la construcción de los elementos que constituyen los productos de la industria; sería insensato pretender obtener lo que hoy nos proporciona aquella por métodos manuales equivalentes, que no podrían existir.

El tema parece quedar agotado desde el punto de vista económico-tecnológico; pero la adquisición de una habilidad manual tiene una importancia educativa que no se estima suficientemente. Al decir trabajo manual parecería tratarse de algo cuya realización pudiera hacerse con prescindencia de la mente y que la utilización experta de las herramientas supusiera un funcionamiento de actos reflejos independientes de toda acción cerebral.

Sin embargo, a nadie se le ocurre pensar otro tanto del dibujo, y si el transportar la forma al plano del papel por medio del lápiz constituye un trabajo mental, no se ve porqué la construcción recíproca de la forma, traduciendo el dibujo por medio del martillo, el escoplo y la sierra ha de constituir una función subalterna y puramente manual. No es el órgano lo que se educa como si fuera parte autónoma del cuerpo; son los sentidos los que se van educando durante el aprendizaje para guiar a la mano, y si la vista del dibujante denuncia la falta de paralelismo o de perpendicularidad de dos líneas cuya apreciación escapa al que carece de preparación visual, sólo el que ha adquirido maestría en una herramienta de difícil uso, la lima por ejemplo, aprecia las sutiles reacciones del tacto muscular que le sirven de guía en el trabajo.

La herramienta por excelencia es el martillo; nada es más útil ni de acción más simple, al parecer; pero desde el martillo del picapedrero hasta el de Benvenuto Cellini hay distancia y hay diferencias en la manera de usarlos y en los resultados de su uso. Bien decía el mote adoptado por el muy venerable gremio de plateros de Glasgow:

By hammer in hand
All arts do stand (1).

(1) En esta corporación estaban comprendidos, además de los plateros citados, otros oficios como ser los orífices, herreros, cobreros, fundidores, cuchilleros, talabarteros, relojeros, los fabricantes de corazas y armas, los de artículos de estaño y peltre, y también los forjadores de hebillas, ganchos y clavos. (Kitson Clark en el Instituto de Ingenieros Mecánicos, Londres, octubre 1931).

La destreza adquirida mediante la enseñanza metódica del uso de las herramientas elementales de corte y percusión, que debiera acompañar a la educación calificada de mental, es cada día más necesaria pues su aplicación ha adquirido más elevada jerarquía. Es ella la que debe completar a un anatomista para convertirlo en cirujano, y la que afina la vista y el tacto para el trabajo en el laboratorio; no se concibe a Sir William Bragg, por ejemplo, con pulso trémulo y dedos torpes.

Sería innecesario mencionar como argumento para el caso la técnica de las artes plásticas y recordar cómo más de una « obra maestra » se ha salvado del merecido repudio de su concepción gracias a la línea hábil con que fué trazada por la mano, cosa que, según el criterio corriente, sería una inversión de valores pero que, en realidad, es una comprobación de la jerarquía ya aludida.

Hay seguramente muchas vocaciones latentes que pasan sin adquirir forma porque les faltó el toque material que las despertara, y algunas que, ansiosamente despiertas, tropiezan hasta desalentarse con la falta de conocimiento del tecnicismo manual que simplifique el aprendizaje.

La educación manual perfecciona el conocimiento del mundo material, sus componentes y el dominio de las propiedades de estos. El conocimiento literal de la existencia de tales propiedades no enseña a utilizarlas, y el chico que traviesamente raya un espejo con la piedra del anillo de su madre para controlar lo que leyó en su libro u oyó a su maestro, ha aumentado las posibilidades de traducir sus ideas en realizaciones por medios propios y se le habrá hecho evidente la exactitud de la escala de Mohs.

En la discusión suscitada por una reciente conferencia leída en Londres sobre un tema afín (2) se han vertido opiniones que demuestran la existencia de una conversión de las ideas predominantes hasta ahora hacia puntos de vista renovados en esta materia, y así se ha dicho: « Muchas de las cuestiones debatidas tantas veces sobre si la ejecución manual de un determinado artículo es mejor o no que la realizada por la máquina, se reducen a meras argumentaciones frente al hecho real de que un hombre es mejor cuando adquiere la capacidad de producir algo con sus manos ». « El arte manual tiene un valor social que no puede ser desconocido ».

(2) « Craftmanship », por Reco Capey en la Royal Society of Arts. 27 de marzo de 1947.

BIOLOGIA DEL CHAJA

Chauna torquata (Oken)

POR

ENRIQUE J. SAPORITI

Representante único de una familia zoológica —*Anhimidae*— de acuerdo con la mayoría de los Ornitólogos sistemáticos; —*Palamedeidae*— según otros, constituye sin duda el Chajá, una de las aves más populares de la avifauna de la Argentina y de los países limítrofes que habita.

Es característico en este anhímido, su andar majestuoso, su figura erguida, el mirar orgulloso y casi altanero, su continuo recelo, su predisposición constante al ataque o defensa y su grito, que es tan peculiar y « sui generis » que le ha valido por onomatopeya ostentar el nombre vulgar por el que se le conoce.

Descripta esta especie por vez primera, por aquel ilustre viajero y observador que fué don Félix de Azara (1), numerosos han sido los autores nacionales y extranjeros, que volvieron a ocuparse de esta especie, ya para describirla o redescribirla, ya comentando sobre sus costumbres, nidos, épocas de postura, huevos, pichones, su alimentación, su anatomía, su sistemática, distribución, etc.; como lo podemos verificar leyendo la bibliografía pertinente confeccionada por Steullet y Deautier en la Obra del Cincuentenario del del Museo de La Plata (16).

En esta nutrida y bien documentada bibliografía y de la cual he consultado a casi todos los autores citados y en especial a los que se han referido a la biología del Chajá; he comprobado que si bien se encuentran datos de importancia sobre la misma, todos ellos son aislados, incompletos o más bien dicho, parciales. Ninguno de estos autores, ha tenido la suerte u oportunidad de observar íntegramente el proceso de la nidificación, los hábitos de procreación y el período de incubación integral de esta ave.

Sobre estos tópicos que opino son de interés ya que revelan y aclaran hechos fundamentales sobre la vida del « crested screa-



Fig. 1. — Pareja de Chajás sobre la « Isla » del estanque Nutrias.

mer » —como lo denominan los autores de habla inglesa— es que versará el presente trabajo, puntualizando, además, todos aquellos



Fig. 2. — Vista de la « Isla » de las Nutrias, la flecha indica el sitio elegido. En la foto aparecen Garzas (*Egretta* y *Casmerodius*) y debajo, en el agua, las Nutrias (*Myocastor*) y Patos (*Metopiana* y *Querquedula*).

datos que a mi juicio hayan resultado interesantes en mi observación sobre estos Anseriformes.

Todas las observaciones las he realizado en el Jardín Zoológico de Buenos Aires, donde como se sabe sus colecciones de Ornitología cuentan con varios ejemplares de Chajás. Allí llevan estas aves una vida muy similar a la de su ambiente natural, dado que la mayoría de ellos viven prácticamente libres, desplazándose por toda la superficie del Parque a su entera voluntad. Es raro que se alejen o que traten de abandonarlo, podemos decir y afirmar que se hallan bien aquerenciados.

En el Zoológico, al igual que ya lo observaran en su « habitat » diversos autores, se confirma la carencia de hábitos gregarios de la especie; pues difícilmente se los observa reunidos en bandadas o grupos, y sea cual fuera la época del año. Por el contrario, siempre se los ve unidos en parejas, llevando cada una de ellas una existencia por completo independiente (monógamos).

Sabemos que los machos y hembras de Chajás son muy similares, que no existe una diferenciación sexual típica que nos permita distinguir con facilidad el sexo de estas aves, y esta dificultad se hace más acentuada en los ejemplares aislados. Digo aislados, porque cuando se los observa en parejas, es entonces relativamente fácil reconocerlos. He observado que el macho es de mayor talla, es decir más corpulento; que tiene la cabeza más grande y las plumas del copete nucal más desarrolladas, más largas, en mayor número y extendidas en semi-abanico. La parte ventral del cuerpo presenta un colorido dentro del gris pizarra típico, mucho más claro que la hembra, lo mismo que es más claro el color de la cabeza y cuello. El grito del macho es también más poderoso y fuerte que el de su pareja.

Tres casales y dos de ellos, dos veces, nidificaron y procrearon en el Zoológico desde septiembre de 1945 a la fecha en que escribo esta nota, marzo de 1947.

Epoca de nidificación: Durnford en Ibis, 1877 (3) nos informa haber encontrado nidos de Chajás con huevos en los meses de junio y octubre; Gibson en Ibis, 1880 (4) nos dice que aunque la primavera sea la verdadera estación para su nidificación, él halló nidos con huevos en los meses de mayo, junio, julio, agosto y marzo; nosotros, por nuestra parte, diremos que en el Zoológico nidificaron estas parejas por orden cronológico de puesta, en septiembre, octubre, abril, junio y diciembre. De todo esto colegimos que el Chajá

no tiene realmente época determinada o fija para nidificar, ya que parece que cualquier tiempo es para ellos propicio.

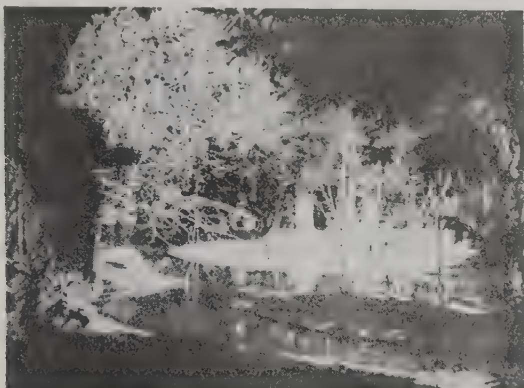


Fig. 3. — Vista de otro de los lugares elegido, una « islita » sobre un brazo del lago Azara.

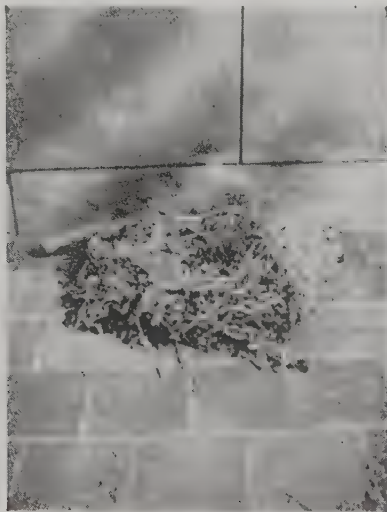


Fig. 4. — Nido de Chajá (fotografiado después del nacimiento de los polluelos).

Nido: Con respecto al nido en sí, su material de construcción y su ubicación, diremos que los nidos son muy sencillos y que para

su edificación, estas parejas utilizaron los materiales que hallaron « in situ » o en las cercanías del lugar por ellos elegido. Así emplearon, según los sitios de elección, tallitos de la gramínea denominado vulgarmente « pasto puna » (*Stipa tenuissima*), ramitas y hojas de un ciprés caído y desarragaido por una tormenta (*Cupressus*), de eucaliptos (*Eucaliptus*), y ramitas y hojas secas de varios árboles más. Por la fotografía de uno de estos nidos puede apreciarse que todos los materiales que utilizan los disponen entrecruzados, y formando una urdimbre más bien grosera, pero compacta.



FIG. 5. — Nido de chajá, con 5 huevos. (Pareja de la Isla de las Nutrias).

También en el nido ilustrado, puede observarse que quedó introducido en uno de sus bordes y dentro de la masa, una rama de eucalipto de regular grosor y longitud.

La forma de los nidos es redondeada u ovalada, hundido en el medio (concavidad para los huevos); las medidas del que aparece en la fotografía son: largo 65 cm, ancho 54 cm, altura en los bordes 8-9 cm y altura en el nido propiamente dicho en la concavidad 5-6 cm.

A más de hojas y ramitas, se hallan en el nido algunas plumas de los mismos Chajás, probablemente desprendidas por el roce de su cuerpo sobre el nido o los huevos.

Referente a la ubicación, estos tres casales edificaron sus nidos en tierra firme, aunque muy cercanos al medio líquido, detalle éste

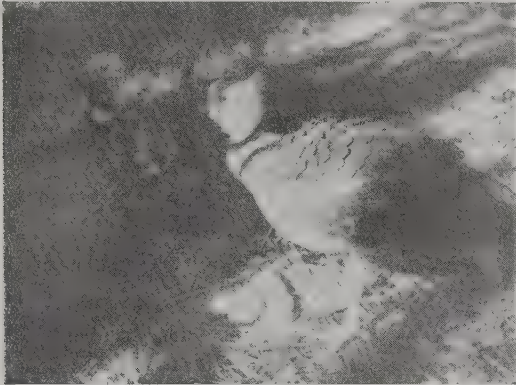


Fig. 6. — Nido con 6 huevos. (Pareja de la islita del lago Azara). Estaba incubando el macho.

importante, ya que confirma que el Chajá no sólo construye nidos cuyas bases asienta sobre el agua como lo describe Durnford, en



Fig. 7. — Polluelos de 14 días de edad. Con la madre.

Ibis, 1877 (3); Gibson en Ibis, 1880 (4), Sclater y Hudson en Arg. Ornitology, 1889 (17), Lydekker en Ibis, 1894 (11); o en medio

de la espesura de los juncales como lo relata Pereyra en Mem. J. Z., La Plata, 1938 (13), sino también en tierra, como lo observara y describiera Mac Donagh en Notas M., La Plata, 1940 (12), y citara M. Sastre en el Tempe Argentino (15) . Es dable mencionar también, que los distintos casales construyen sus nidos separados, es decir en lugares bastante distante uno de otros, sin vecindad de ninguna naturaleza. Cuando una pareja está empollando, sus otros congéneres, no se acercan ni se arriman, presas de la más absoluta indiferencia.



Fig. 8. — Polluelos de 26 días de edad. Con los padres.

Postura-Incubación: Construído el nido, comienzan la postura. Los huevos son puestos un día sí y otro no y el mayor número por mí encontrado fué de 6 y el mínimo de 5. Los huevos son de color blanco, patinados de gris muy claro, es decir blanco sucio. La forma es ovoidea, bien nítidos los polos agudos y obtusos; las mediciones efectuadas en dos de ellos arrojaron los siguientes guarismos: 83 mm × 57 mm y 81 mm × 56 mm.

Después de puesto el último huevo es cuando recién se echan en forma definitiva, y digo se echan porque en la incubación colaboran casi por igual ambos progenitores, turnándose alternativamente. (Marcos Sastre (15) había observado y apuntado este hecho). Mientras uno está echado, el otro no se mueve de su lado, permaneciendo alerta y vigilante, y al menor síntoma de disturbio, comienza a

« inflar » su cuerpo, saca a relucir los fuertes espolones de las alas y a lanzar los estridentes gritos característicos de la especie.



Fig. 9. — Polluelos de 28 días de edad.

El tiempo de incubación perfectamente controlado fué en dos casos de 41 días, en otros dos de 42 días y en el restante de 45 días.

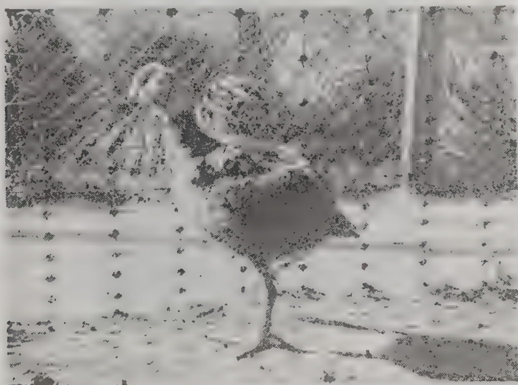


Fig. 10. — Chajá pichón de 3 meses de edad.

Las fechas de comienzo y término de la incubación en las 5 ocasiones citadas fueron como sigue:

	Fecha de comienzo	Fecha de eclosión	Días
1ª	9 de septiembre de 1945	19 de octubre de 1945	41
2ª	6 » octubre » »	16 » noviembre » »	42
3ª	28 » abril » 1946	9 » junio » 1946	42
4ª	11 » junio » »	25 » julio » »	45
5ª	21 » diciembre » »	30 » enero » 1947	41

Con los datos que es dable apreciar en el cuadro, podemos deducir que el tiempo normal de incubación de la especie es de 41-42 días, ya que en el 4º caso registrado y en donde abarcó el lapso de 45 días, se debe atribuir a la época en que la incubación se llevó a cabo; (pleno invierno); ya que el frío propio de la estación invernal, opino, sería el factor que había influído retardando en 3-4 días la eclosión. Todos los huevos eclosionan en el día mismo del término de la incubación, por lo general con horas de intervalo entre uno y otro.



Fig. 11. — Chajá de 4 meses (en el medio). Con los padres.

Polluelos: Los polluelos al nacer, están cubiertos de un fino y suave plumón, que presenta un colorido general amarillo limón claro, con excepción de la cabeza donde se observa un manchón canela claro y del dorso donde este plumón ostenta un color grisáceo, al igual

que las alitas. Las patas son anaranjadas; el pico, lorum, y región pre y post-orbital color plomizo obscuro.

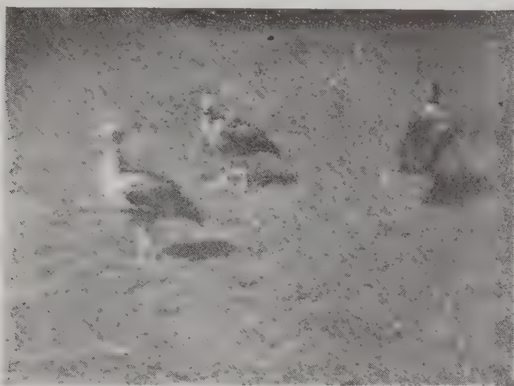


Fig. 12. — Chajá de 8 meses (en el medio). Con los padres.

Desarrollo: El desarrollo de los polluelos —que son nidífugos— podríamos tildarlo de precoz en los primeros 4 meses de vida, ya que a este tiempo están sumamente crecidos y como se puede apreciar en la fotografía (11) sólo se diferencian de los padres por su tamaño algo más reducido, puesto que ya tienen el plumaje, color general y el collar del adulto, aunque como es natural, en incompleto desarrollo. A esta edad tienen también esbozado y en vías de crecimiento el copete nucal. Las patas rojas.

A partir de esta época crecen más lentamente, alcanzando el total y completo desarrollo externo más o menos a los 9-10 meses del nacimiento.

Con respecto a la aparición de las plumas definitivas o sea al comienzo de la sustitución del plumón, se deduce por lo manifestado más arriba, que ésta se realiza tempranamente.

En efecto:

A los 60 días: Comienzan a salirle las plumas verdaderas en todo el cuerpo.

A los 75 días: Se notan más nítidas en las alas, y se pronuncian más francamente las de la cola lo mismo que las que formarán el collar negro.

A los 90 días: Casi todo emplumado, cola formada y collar bien marcado.
A los 105 días: Totalmente emplumado, falta sólo el copete nucal.
A los 120 días: Esbozo franco del copete nucal.

Conjuntamente al desarrollo y adquisición del plumaje definitivo, considero digno de mención y hacer destacar el cambio de coloración que se opera en la zona comprendida entre base de la mandíbula, el lorum y alrededor del ojo.

Como se recordará, en los Chajás adultos esta zona es de color rojo subido, mientras que en los polluelos al nacer y como dije más arriba, presentan esta región de color gris obscuro. Es interesante observar, cómo paulatina y progresivamente adquieren estas partes anatómicas el colorido permanente.

Estos cambios de coloración se inician a los 40 días aproximados del nacimiento y continúa en escala ascendente hasta los 100 días en que ya prácticamente la sustitución se ha realizado en forma total.

Para mayor ilustración he resumido los datos en el siguiente cuadro explicativo:

A los 40 días: Comienza la variación; (el color gris obscuro, se aclara).
A los 50 días: Se nota más pronunciada la pérdida del gris.
A los 60 días: El color gris, se ha vuelto blanquecino, notando vestigios de la futura pigmentación rosada.
A los 70 días: Un color rosado muy pálido se extiende por el lorum, alrededor del ojo y parte posterior e inferior de la mandíbula.
A los 80 días: Se nota el rosado más intenso.
A los 90 días: El rosado es ya bien nítido y marcado.
A los 100 días: Color definitivo.

Los Chajás padres son celosos guardianes de sus crías además del cuidado y cariño propio que les profesan a los pichones, es notable ver con qué valentía asumen la defensa cuando alguien trata de acercarse a los polluelos. Es dable observar entonces cómo tratan de cubrir a éstos con sus cuerpos, poniéndose delante de los polluelos abren las alas y tratan de atacar con las dos robustas

púas que poseen. En cierta ocasión que una pareja andaba con sus pichones por uno de los canteros del Jardín, al acercársele un niño tratando de acariciar a uno de los pichones, fué atacado por uno de los progenitores, clavándole una púa en la pantorrilla, e infrigiéndole una herida bastante profunda.

Desde esa vez, en cada oportunidad que tienen cría se los encierra en un amplio corral de tierra, rodeado de tejido y con su correspondiente refugio.

En este corral se crían y desarrollan perfectamente, les agrada sobremanera el verde; por la lechuga sobre todo muestran una extraordinaria predilección, también se les da maíz partido en granitos pequeños y pan mojado en agua o leche.

Para terminar, recordaré que el Chajá ha sido inmortalizado en el folklore nacional y en la literatura vernácula y foránea por ofrecer según los dichos y escritos, el más acabado exponente de Monogamia, y se afirma llega a un extremo tal que cuando la muerte se lleva a uno de ellos, el que queda no le sobrevive.

Bibliografía

1. Azara, F. de. — « Apuntamientos para la Historia Natural de los páxaros del Paragüay y Río de la Plata » (Vda. de Ibarra, Madrid, 1802; reimpresión por la Biblioteca Americana, Bs. Aires, 1942, T. IV, p. 211).
2. Barrows, W. — « Birds of the lower Paraguay » (The *Auk*, I, 1884, p. 272).
3. Durnford, H. — « Notes on the birds of the Province of Buenos Ayres » (The *Ibis*, 1887, p. 190).
4. Gibson, E. — « Ornithological notes from the neighbourhood of Cape San Antonio, Buenos Ayres » (The *Ibis*, 1880, p. 165).
5. Gibson, E. — « Further Ornithological notes from the neighbourhood of Cape San Antonio, Province of Buenos Ayres » (The *Ibis*, 1920, p. 2).
6. Holland, A. H. — « On Some birds of the Argentine Republic » (The *Ibis*, 1890, p. 425 y 427).
7. Holland, A. H. — « Short notes on the birds of the Estancia Espartilla, Argentine Republic » (The *Ibis*, 1892, p. 206).
8. Hudson, W. H. — « The Naturalist in La Plata », 1895, p. 221.
9. Hudson, W. H. — « Birds of La Plata », II, 1920, p. 130.
10. Kerr, G. J. — « On the avifauna of the lower Pilcomayo » (The *Ibis*, 1892, p. 120-152).
11. Lydekker, A. — « Note on the Aquatic habits of the Chajá (*Chauna chavaria*) » (The *Ibis*, 1894, p. 268).
12. Mac Donagh, E. J. — « La nidificación del Chajá » (*Notas Mus. La Plata*, V, 1940, p. 31-40).
13. Pereyra, J. — « Aves de la zona ribereña nordeste de la Provincia de Buenos Aires » (*Mem. J. Zoológico La Plata*, IX, 2ª parte, 1938, p. 34).

14. SAPORITI, E. J. — « Nidificación de la Garza blanca *Casmerodius albus egretta* Gmelin, en el Jardín Zoológico de Bs. Aires » (*El Hornero*, VIII, N° 3, 1944, p. 570-572).
15. SASTRE, M. — « El tempe argentino » (*La Cultura argentina*, 11ª Edic., 1919, p. 63 y 70).
16. STEULLET, A., y DEAUTIER, E. — « Catálogo sistemático de las Aves de la República Argentina » (*Museo La Plata, Obras del Cincuentenario*, I, 2ª ent., 1936, p. 306).
17. SCLATER, P., y HUDSON, W. — « Argentine Ornithology », II, 1889, p. 119.
18. WETMORE, A. — « Observations on the birds of Argentine, Paraguay, Uruguay and Chile » (*U. S. Nat. Museum, Bulletin* 133, 1926, p. 67).

UNA NUEVA ENFERMEDAD DE LAS CALAS EN LA ARGENTINA

Coniothecium Richardiae (MERCER), nov. comb.

POR

CLOTILDE JAUCH (1)

INTRODUCCIÓN

En un cultivo de calas (*Zantedeschia aethiopica* SPRENG) de las inmediaciones de José C. Paz (F. C. P.) observé en febrero del año pasado esta enfermedad, nueva para el país. Al proceder al aislamiento del agente causal me llamó la atención la apariencia sumamente distinta, que este presentaba en los medios de cultivos preparados con agar papa glucosado y con « carrageen » papa glucosado. En el primero tenía macroscópicamente el aspecto de un cultivo del tipo *Alternaria,* mientras que en el segundo medio, « carrageen » papa, sobresalían numerosos pícnidos, llenos de esporos ovalados, como si se tratara de un *Phoma.* En vista de esto procedí al estudio micológico del parásito para aclarar su posición sistemática.

SINTOMATOLOGÍA

SÍNTOMAS MORFOLÓGICOS

En las hojas. — Las lesiones (figs. Nº 1 y 2) aparecen como círculos parduscos de unos cinco milímetros de diámetro, con un pun-

(1) Ingeniera Agrónoma. Jefe del Laboratorio Regional de Fitopatología de José C. Paz (F. C. P.), Instituto de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura de la Nación.

Me es grato dejar constancia de mi agradecimiento al Ing. Agr. Prof. JUAN B. MARCHIONATTO, Director del Instituto de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura de la Nación, por las valiosas sugerencias que me diera durante la ejecución de este trabajo y la revisión del manuscrito, y al Dr. F. T. BROOKS, profesor de Botánica de la Universidad de Cambridge (Inglaterra), que examinó las « exsiccata » enviadas por mí.

to verde o verde claro en el centro: luego se vuelven necróticas con un halo clorótico todo alrededor. Progresivamente las lesiones aumentan de tamaño y se manifiestan de color pardo claro en el centro, con zonas concéntricas de tono que va del pardo casi negro al pardo claro. Son ovalado-oblongas, con el eje mayor dirigido en



FIG. 1. — Hoja de cala. Manchas de *Coniothecium Richardiae* (Mercer) nov. comb. (*Fotografía de la autora*).

el sentido de las nervaduras. Abarcan casi siempre gran extensión de la hoja, llegando a medir fácilmente diez centímetros, a menudo mucho más.

Son anfígenas y están ubicadas en cualquier punto de la lámina foliar.

Los pícnidos aparecen primeramente en el centro de la mancha, o sea en la parte más clara, hasta que llegan a recubrir la entera lesión.

Numerosas manchas se presentan hendidas o quebradas, quedando parte de las mismas adherida a los bordes y parte desprendida (fig. 2).

He tenido ocasión de observar asimismo síntomas muy distintos al anterior. Se manifiestan cual manchas de color verde muy claro,

aguachentas, de modo que al tocarlas se deshacen entre los dedos, empero al cabo de unos diez días se vuelven muy transparentes, algo coriáceas y recubiertas por pícnidos.

En los peciolos: Las manchas son parecidas a las de las hojas (fig. 2). Aparecen hundidas y cuando han desarrollado en profun-



FIG. 2. — Hojas y peciolo de cala × $^2/_3$. (*Fotografía de la autora*).

didad, los peciolos ya no pueden sostener el peso de la lámina foliar y se doblan a la altura de la lesión, hasta que por fin se quiebran.

Flores: Las lesiones en las flores se manifiestan raramente. Se presentan casi siempre de color castaño muy intenso y no alcanzan por lo general a medir más que un centímetro, por cuanto la flor comúnmente se marchita antes de que la lesión adquiera mayor tamaño. Las manchas por supuesto resaltan en forma notable sobre la blancura nívea de la espata rindiéndola inadecuada para la venta. Además las plantas enfermas cuando llegan a florecer, producen flores raquíticas, pequeñas, que no sirven para el mercado.

Síntomas histológicos

El micelio es intracelular en las lesiones características de las hojas, peciolos y flores. Los pícnidos aparecen sobre las hojas y los peciolos en las regiones atacadas por el parásito. Para acelerar la formación de los mismos basta colocar los trozos de lámina foliar o de peciolo o de flor enfermos en cámara húmeda con suficiente humedad. Los pícnidos [1] presentan las siguientes características: son globosos, pardo obscuros, miden de 120 a 180 μ de diámetro, poseen paredes espesas y un ostiolo circular de 20 a 30 μ. Los esporos (fig. 3) son ovalados, hialinos, a menudo con una extremidad más aguda y miden 3 a 7 μ de largo por 2 a 4 μ de ancho.



Fig. 3. — *Phyllosticta Richardiae* de hojas de cala. Esporos hialinos en agua.

A veces he observado dictiosporos al microscopio, en cortes de material herborizado o de manchas dejadas algún tiempo en cámara húmeda. Mercer (1913) [2] también los menciona.

Dichas formas las he encontrado mucho más numerosas que en el tejido vegetal, en los medios de cultivo que citaré más adelante (cuadro Nº 1).

(1) Los pícnidos tienen las características del género *Phoma*.
(2) Ver la bibliografía citada en el capítulo sobre Taxonomía.

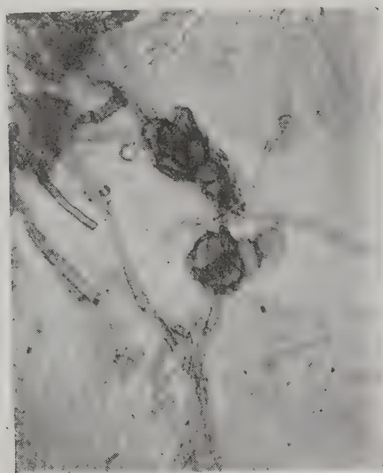


FIG. 4. × 450.

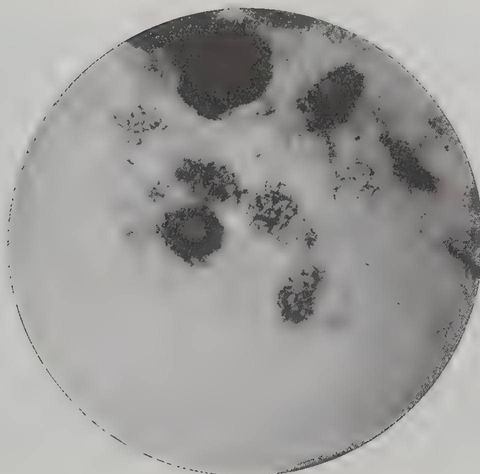


FIG. 5. × 225.

FIGS. 4 y 5. — Dictiosporos de *Coniothecium Richardiae*, de un cultivo en « carrageen » papa glucosado al 2 % de un mes de edad. (*Microfotografías de la autora*).

Aislamientos y cultivos del hongo

Es sumamente fácil aislar este microorganismo. Si se parte de manchas en las cuales se observan pícnidos presentes, da muy buen resultado colocar una gota de agua estéril sobre la superficie recubierta por las fructificaciones y al cabo de un rato sacar con una pipeta Pasteur la suspensión de esporos y llevarla a las cajas de Petri ya preparadas con el medio de cultivo.

Numerosos pícnidos aparecen en los medios de cultivo « carrageen » papa glucosado al 2 % y en zanahoria preparada sea con agar o con « carrageen », mientras apenas se puede observar su presencia en agar papa glucosado al 2 % y en agar o « carrageen » con harina de maíz.

Los dictiosporos (fig. 4, 5 y 6) son abundantes en « carrageen » papa glucosado al 2 % y apenas presentes en los demás medios de cultivo.

La figura Nº 6 ilustra la germinación en agua destilada de uno de estos esporos. El crecimiento de los tubos germinativos se produjo en dos horas.

Debido justamente a la mayor o menor abundancia de dichas formas como asimismo de los pícnidos en los cultivos, se observan aspectos macroscópicos de diferencia bien marcada (fig. 7 y cuadro Nº 1), de modo que, en un examen rápido de las colonias, parece tratarse de especies diferentes.

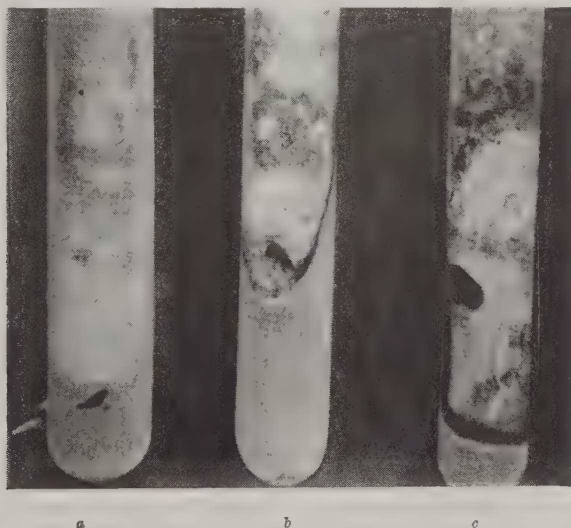
Pruebas de patogenicidad

La enfermedad ha sido reproducida experimentalmente en las hojas, en los peciolos y en las espatas florales, colocando trozos de micelio que mantenía húmedos con un trocito de algodón mojado. También sobre las hojas he efectuado inoculaciones artificiales, pulverizando suspensiones de esporos, del tipo hialino, en agua destilada.

Asimismo he realizado los correspondientes reaislamientos y la comparación de las cepas reaisladas con la cepa original, cumpliendo con los postulados de Koch.



FIG. 6. — Germinación de un dictiosporo de *Coniothecium Richardiae* a las dos horas de haber sido colocado en una gota de agua destilada en una cámara de Van Tieghem y a la temperatura de 24 °C. *Microfotografía de la autora.* × 450.



a *b* *c*

FIG. 7. — Colonias de *Coniothecium Richardiae* en « carrageen » harina de maíz (*a*), agar-papa glucosado (*b*) y « carrageen » papa glucosado (*c*). (Tamaño natural). *Fotografía de la autora.*

CUADRO I

Medios de cultivo		Micelio	Pícnidos	Dictiosporos
Harina de maíz	1) agar	blanco. Poco abundante.	pardo obscuros. Aislados. Pocos.	ausentes.
	2) « carrageen » (fig. 7*a*)	blanco.	pardo claros. Aislados. Pocos.	ausentes.
Papa glucosado 2 %	1) agar (fig. 7*b*)	Cara superior estría: blanco. Cara inferior estría: pardo negruzco.	Muy pocos.	Presentes.
	2) « carrageen » (fig. 7*c*)	Pardusco. Muy abundante.	Muy numerosos (1)	Numerosos.
	3) Difco.	Blanco.	Muy numerosos	Ausentes.
Zanahoria	1) agar	Grisáceo.	Numerosos.	Algunos.
	2) « carrageen »	Blanco.	Numerosos.	Algunos.
Extracto de carne con « carrageen ».		Blanco.	Numerosos.	Ausentes.
Extracto de malta con agar.		Pardo muy obscuro.	Numerosos.	Numerosos.
Sabouraud con agar.		Cara superior estría: blanco. Cara inferior estría: pardo negruzco.	Numerosos.	Numerosos.

TAXONOMÍA

Phyllosticta Richardiae HALSTED. Nomen semi nudum 1893. New Jersey, Agric. Expt. Sta. p. 400. No he podido consultar este trabajo; el dato sinonímico lo he copiado de BROOKS, F. T. (ver más adelante) y de GROVE, W. B. (2) 1935. British stem-and--leaf-fungi (Coelomycetes), Vol. I Sphaeropsidales, pág. 118. Cambridge.

(1) Visibles principalmente por la cara inferior de la estría, mientras apenas se ven en la cara superior, debido al desarrollo del micelio pardusco que los tapa.

(2) « HALSTED gives no proper description, mentioning merely dark-coloured pycnidia seated on large grey spots ».

Phoma Richardiae MERCER, W. B., 1913, Mycol. Centrlbl., 2: 244, c. ic. y según ALEX. TROTTER in 1931 Sylloge fungorum 25. Supplementum. Pars. 10: 113. Ignoro en qué Instituto se conserva el tipo de esta especie, pero por la descripción y dibujos de W. B. MERCER, se identifica con la especie que considero en este trabajo.

Phyllosticta richardiae BROOKS, 1932. Ann. App. Biol. 19 :1 :16-20. Este autor ha tenido la amabilidad de examinar las « exsiccata » que le ha remitido, confirmando (1) que se trata de la misma especie por él determinada en 1932.

Según mis observaciones ninguno de estos dos nombres genéricos es exacto, es decir ni *Phoma*, ni *Phyllosticta*. Opino que se trata de un *Coniothecium* (2), pues el hongo en estudio reúne las características necesarias para ser clasificado en este género que son: presencia de dictiosporos, que se forman en el micelio y en disposición intercalar o terminal. En esta especie junto con los dictiosporos aparecen formaciones picnídicas, que también ya han sido observadas en otras especies pertenecientes al género *Coniothecium* (MASSEE 1915, MOORE 1931, MASON 1933, loc. cit.).

Con respecto al nombre específico *Richardiae* no puede haber lugar a duda, dado que lo usan todos los autores.

En la sinonimia citada al principio de este capítulo vemos que HALSTED es el primer investigador que se ocupa de este hongo. Yo comparto la opinión de GROVE (1935) loc. cit. de que al no dar HALSTED una real descripción de *Phyllosticta Richardiae*, hay que considerarla sin diagnosis (3), por lo cual al establecer la nueva combinación no la puedo tener en cuenta.

(1) Carta de fecha 23 de enero de 1947.

(2) SACCARDO. 1886. — *Sylloge fungorum IV*, 508. *Coniothecium* Corda.

MASSEE, G. 1915. — « Blister-disease of fruit trees (*Diaporthe ambigua* Nits), en *Diseases of cultivated plants and trees* ». London. Supplement, 4-5.

MOORE, M. H. 1931. — « Investigations on *Coniothecium* ». E. Malling Res-Sta. Ann. Rep. for 1928-30: 150-156.

MASON, E. W. 1933. — « Annotated account of fungi received at the Imperial Mycological Institute ». List. II (fasc. 2). Kew Surrey (Issued March 11), page 12 and 13.

(3) « International Rules of Botanical Nomenclature ». 1947. *Brittonia* 6: 1: 1-120. Published by « The New York Botanical Garden ». Lancaster, Pennsylvania.

La nueva combinación queda por consiguiente establecida así: *Coniothecium Richardiae* (MERCER) nov. comb.

SUMARIO

Se determina para la Argentina una nueva enfermedad de los cultivos de cala (*Zantedeschia aethiopica* SPRENG).

Se establece una nueva combinación para designar el agente causal: *Coniothecium Richardiae* (MERCER) nov. comb.

Se describen los síntomas morfológicos e histológicos y las características culturales.

José C. Paz, Junio de 1947.

ALGUNAS ESENCIAS VOLATILES DE SAN LUIS Y CORDOBA (1)

POR

Dr. G. A. FESTER, Ing. M. A. GARGALLO e Ing. E. A. MARTINUZZI

Las plantas aromáticas del país, hasta ahora han sido poco estudiadas en lo que se refiere a los portadores de la fragancia, hecho sorprendente frente a la consideración de qué se trata en parte de materias vegetales tan populares como la peperina, el poleo y el tomillo, de las cuales únicamente la primera ha sido objeto de investigaciones. Asimismo la elaboración industrial está todavía en pañales y son contados los establecimientos que se dedican a esta tarea, especialmente a partir de plantas indígenas, no de origen extranjero. Una pequeña instalación de esta índole trabaja en Merlo, en el límite de San Luis y Córdoba, ocupándose en la destilación por arrastre de las especies mencionadas, como asimismo del « cominillo » o « chinchilla » y de la menta ordinaria. Al profesor Juan R. Báez (2), destacado conocedor de la flora de San Luis, agradecemos el envío de varias muestras de estas esencias, como también de una cantidad mayor de la planta del cominillo y de la peperina de Córdoba, de modo que nos fué posible verificar los resultados con esencias de elaboración propia a partir de material botánicamente clasificado. Asimismo estamos agradecidos al doctor C. C. Hosseus de Córdoba por sus múltiples indicaciones sobre las distintas especies de los géneros Tagetes, Bystropogon, Lippia y otras de la zona cordobesa.

A. Esencia de Tagetes pilifolia Lagasca

Las compuestas del género Tagetes están bastante generalizadas en la República Argentina, en particular la especie T. minuta L.

(1) Compárese también el artículo general en *Ciencia e Investigación*, t. III, pág. 237 (1947).

(2) Compárese su publicación « Dos aspectos de la vegetación del norte de San Luis », 2ª parte, *Rev. Arg. de Agronomía*, XIII, pág. 69 (1946).

(T. glandulosa Link, T. glandulifera Schrank, T. bonariensis Pers.) que se conoce, en las distintas provincias, bajo los nombres vulgares de suiquillo, chinchilla, chilca o manzanilla silvestre (3). El extracto alcohólico de la planta, que se usaba hace mucho tiempo en el país y en Chile, como estimulante, diurético y vermífugo, abandonándose luego este uso por el carácter algo tóxico del producto fué estudiado por el doctor Juan A. Domínguez (4), el que, entre otros constituyentes, aisló la « quercitagetina », una substancia amarilla, cristalina, libre de nitrógeno de punto de fusión 178°. El mismo autor, destilando las hojas y los ramitos floríferos por arrastre, obtuvo el 0,7-0,9 % de esencia volátil, de color amarillo y de un olor similar al del ester butírico. Expuesta al aire, la esencia se transforma, dentro de poco tiempo, en una masa espesa de color rubí.

Sobre la constitución de esta esencia, hasta ahora no existe ningún trabajo, pero se encuentran en la bibliografía estudios de autores australianos (5) e ingleses (6) sobre la esencia de Tagetes glandulifera de Queensland y T. minuta de Sudáfrica, respectivamente. Sin embargo, los olores de los constituyentes principales de estas esencias (ocimeno, tagetona y dimetil-octenona en el primer caso, carvona, linalool y posiblemente ocimeno en el segundo caso) son tan distintos del aroma de Tagetes minuta del país, que una identidad botánica de esta especie con la australiana o sudafricana no parece admisible (7).

En cambio, el perfume de las tres especies de plantas frescas, que examinamos hasta ahora (T. minuta de Córdoba, T. pilifolia de San Luis y posiblemente, T. maxima OK. de Salta) no sólo es prácticamente el mismo, sino concuerda también con el olor « a éteres de frutas » o verbenáceo que indica la bibliografía (8) para varias otras especies del continente americano, como T. erecta, patula, ar-

(3) Además de « chinchilla » se usa en San Luis la denominación de « cominillo » para la especie T. pilifolia.

(4) *La Semana Médica*, t. VIII, pág. 439 (1901).

(5) T. H. Jones y F. B. Smith. — *Journ. Chem. Soc.*, 127, pág. 2530 (1925).

(6) *Bull. Imp. Inst.*, XXII, pág. 279 (1924).

(7) A. L. Cabrera (*Rev. Museo La Plata*, secc. bot., t. IV, pág. 256) indica 12-14 especies del género Tagetes para la R. Argentina, y admite el carácter adventicio de T. minuta en el sur de Europa y en Australia.

(8) Compárese Gildemeister-Hoffmann, *Die ätherischen Ole*, Leipzig, 1916, t. III, pág. 663, y *Berichte*, de Schimmel & Cía, Miltitz, año 1936, pág. 80.

borea, signata y pumila. Sin embargo, hay una pequeña diferencia entre el aroma de la planta bien fresca y el de la esencia destilada: mientras que el olor de la primera es más bien « dulzón », recordando algo al geraniol esterificado (9), recién en la segunda surge el olor típico verbenáceo, es decir a éteres de frutas o mejor aún, a citral o a esencia de limón.

Nuestra investigación principal la efectuamos con la esencia recibida de San Luis y la que había sido destilada unos seis meses antes, a partir de Tagetes pilifolia. Además nosotros mismos elaboramos algo de esencia en el laboratorio, destilando 3-4 kg de la planta por arrastre y obteniendo un rendimiento del 0,7-0,8 %. Esta muestra nos permitió el control de los datos obtenidos anteriormente (peso específico, poder rotatorio, índice de refracción, temperatura de ebullición de las fracciones principales, etc.) y que eran prácticamente idénticos.

La esencia tiene el mismo color amarillo indicado por Domínguez para la de T. minuta, pero la tendencia a resinificarse parece menos pronunciada y no mayor que de las esencias de citrus: en tubo de ensayo abierto, al cabo de una semana se nota cierto espesamiento y después de 3-4 semanas, la viscosidad se vuelve tan grande, que el líquido casi no corre más. Una muestra guardada en frasco tapado con corcho, recién al cabo de varios años, había perdido por resinificación, la mayor parte de la materia volátil.

El peso específico $\left(\frac{26°}{4°}\right)$ es de 0,889, el índice de refracción (15°) de 1,4851. Es fuertemente dextrógira: $\alpha_{D\,25°} = +35,5°$, lo que se debe a la fracción terpénica (el producto elaborado por nosotros mostró un $\alpha_{D\,22°}$ de $+38,2°$). Destilada en una pequeña columna a vacío, con anillos de vidrio, pasó a 3-4 mm de presión y una temperatura bastante constante de 40°, la primera fracción, unos 25-30 % del total. Luego, a 4 mm de presión y una temperatura de 80-83°, destiló la segunda fracción, el 60-65 %, quedando el 10 % de residuo resinificado.

La primera fracción mostró los datos siguientes: densidad $\left(\frac{27°}{4°}\right)$ 0,847, índice de refracción (15°) 1,4747, lo que corresponde casi exactamente a las características del d-limoneno. El poder rotati-

(9) Según opinión del Dr. L. Reti, hay semejanza con el olor de la esencia de artemisia o de basilicum.

vo era de + 83,8°, lo que indica un 80 % de este terpeno en la fracción [10]. La comprobación ulterior se hizo de la manera siguiente [11]:

Disolvemos 1 cm^3 de la fracción en 1,3 cm^3 de alcohol amílico y 2,7 cm^3 de éter. Enfriamos por hielo y agregamos gota por gota, unos ¾ cm^3 de bromo, previamente enfriado y diluído por un poco de éter helado, hasta que el color amarillo permaneció durante un minuto por lo menos. Eliminamos el exceso de bromo por una gota de solución de bisulfito y dejamos en reposo, hasta que, por evaporación del éter, se separaron las hojas cristalinas del tetrabromuro de limoneno, el que, purificado en plato de arcilla y recristalizado con éster acético, mostró el punto de fusión correcto de 104°C.

Con la segunda fracción encontramos una densidad $\left(\frac{26°}{4°}\right)$ de 0,891 y un índice de refracción (15°) de 1,4895. Estos datos y el olor corresponden a las características de citral, que es el constituyente principal de la fracción, mientras que el pequeño poder dextrógiro ($\alpha_{D\,25°}$ + 4,25°) es posiblemente originado por un poco de limoneno.

Por lo pronto aislamos los aldehidos [12], agitando 6 cm^3 de la fracción, durante varias horas, con una solución de 6 g de sulfito sódico y 4 g de bicarbonato en 180 cm^3 de agua, disolviéndose alrededor del 80 % de la fracción, en forma de compuestos sulfónicos. Luego, por calefacción con algo de lejía sódica, restituímos los aldehidos que fueron extraídos por éter. Un ensayo de caracterización por vía de las semicarbazonas no llevó a ningún resultado

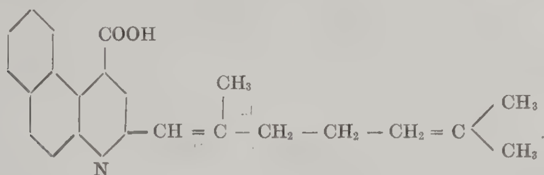
(10) De acuerdo con el poder rotatorio de la esencia íntegra puede haber el 33-35 % de limoneno en ella.

(11) Combinamos varios de los métodos indicados en la obra de Gildemeister, t. I, pág. 326.. Hay que tener mucho cuidado en la dilución del bromo por el éter, que debe hacerse paulatinamente y a baja temperatura; por lo demás no importa que se formen dos capas, arriba de cierta proporción del éter.

(12) Método de Tiemann para separar el citral del cintronelal, que no se disuelve en esta solución diluída. *Berichte d. Deutsch. Chem. Gesellschaft*, t. XXXII, pág. 815 (1899). En nuestro caso, la cantidad del insoluble era demasiado pequeña para averiguar si este último aldehido estuviera presente. Asimismo dejamos abierta la cuestión de que, si puede haber un poco de geraniol, cuya presencia parece más probable.

útil, obteniéndose una mezcla inseparable de por lo menos dos de estos compuestos, del punto de fusión de 135°.

Mejor éxito tuvimos por vía de los ácidos cinconínicos, el método indicado por Doebner [13]. 1,5 g de aldehidos, previo secado por sulfato sódico, se disolvieron en alcohol absoluto, con la misma cantidad de ácido pirúvico [14], y se agregaron luego 1,5 g de β-naftilamina, igualmente disuelto en alcohol absoluto de tal manera que el volumen total era de unos 50 cm^3. Se calentó durante tres horas en baño maría, bajo reflujo, separándose luego, al enfriarse, 1,2 g de cristales de color amarillo limón, que fueron filtrados y lavados con poco alcohol. Luego estos se redisolvieron en alcohol caliente, filtrando enseguida para eliminar algo de ácido metilnaftocincónico, subproducto formado sin intervención del citral. Al enfriarse la solución, se separaron estrellas de hojitas amarillas, brillantes, del ácido citril-naftocincónico, las cuales, después de otra recristalización más, mostraron el punto de fusión correcto de 200/201°.



Acido citril-naftocincónico

Al lado de este producto de condensación se formó otro ácido naftocincónico, a partir de un aldehido desconocido, pero los ensayos de aislarlo de las distintas aguas madres siempre llevaron a un producto impuro. Un resultado mejor se obtuvo utilizando como materia prima una fracción guardada durante varios años y en la cual la mayor parte del citral se había resinificado. Aislamos los aldehidos brutos y efectuamos la condensación con 100 mg de ellos, de la misma manera como lo hemos descripto más arriba. Una vez eliminado el ácido metilnaftocincónico, al enfriarse cristalizó una substancia poco teñida, la cual purificamos por disolu-

(13) *Berichte d. Deutsch. Chem. Gesellschaft*, t. XXVII, pág. 354, 2026 (1894).

(14) El método más práctico de preparar este ácido es calentar la mezcla de ácido tartárico y bisulfato potásico en un balón de vidrio pyrex con refrigerante, dirigiendo la llama del mechero con preferencia hacia la parte superior del balón, para evitar el pasaje de la espuma. Luego habrá que rectificar el destilado.

ción en amoníaco, filtración y precipitación por ácido acético. Luego disolvimos de nuevo en alcohol, concentramos algo y, al enfriarse se separó una primera fracción, no bien cristalizada, la que tenía probablemente algo del subproducto arriba mencionado. De la solución madre, por concentración ulterior, obtuvimos ahora un producto bien cristalizado, compuesto de aglomeraciones de hojitas puntiagudas, de color más pálido y de menos brillo que el derivado del citral, el que también pudimos aislar de las primeras aguas madres.

El punto de fusión del nuevo producto era de 260°, de modo que parece probable que el aldehido básico de este ácido naftocincónico sea el mismo aldehido terpénico $C_{10}H_{16}O$, ópticamente inactivo, de constitución desconocida, que se encontró en la esencia de gingergras y para cuyo derivado naftocincónico se indica un punto de fusión de 261°. En nuestra esencia, el aldehido se encuentra en menor proporción que el citral, cuyo aroma no sufre alteración por la presencia de aquél, puesto que, según la bibliografía, sería similar al del citral (y aldehido heptílico), que a su vez, no se distingue mayormente del citral.

B. Esencias de labiatífloras y verbenáceas en general

El número de especies aromáticas con olor mentolado es bastante grande en el país, aun dejando de lado las aclimatadas de Mentha piperita L. (yerba mota), M. rotundifolia L. y M. citrata Ehrh. (yerba buena). Para las especies indígenas damos la lista siguiente (incluso algunas especies del género Lippia, el « poleo « [15])), dejando constancia de las dificultades derivadas de la falta de precisión en las denominaciones vulgares, que no coinciden con los nombres latinos:

Lippia turbinata Gris.	*Poleo*
L. integrifolia Gris.	Poleo, manzanillo
L. polystachia Gris.	Poleo, poleo de Castilla
Hedeoma multiflora Benth.	*Tomillo*, peperina de las lomas, peperina riojana, mastuerzo

(15) Incluímos el « poleo » por su uso en infusiones, aunque la composición de la esencia no tiene ninguna relación con la del poleo europeo (Mentha pulegium L., cultivada también en Chile), que contiene en primer lugar la pulegona.

Bystropogon mollis Kth. (16)	*Peperina*, piperina, piperita
Micromeria odorum Hieron (Córd.)	» » »
M. boliviana Benth. (Salta, Jujuy, Tucumán (17))	» » »

Los trabajos hasta ahora efectuados se refieren al parecer solamente a la esencia de Bystropogon mollis ,que fué estudiada por A Doering (18), y luego, más detenidamente, por Pedro J.Preioni.(19). El primero obtuvo el 0,4 % de esencia, referido al peso de la planta, con la densidad de 0,918-0,920 y un punto de ebullición alrededor de 210°. La presencia del mentol no se ha podido comprobar, determinándose solamente constituyentes secundarios, el 0,7 % de ácidos libres, el 2,5 % de furfurol y vestigios de fenoles.

El segundo autor, a partir de las inflorescencias, hojas y tallos tiernos, obtuvo el 4-5 % de esencia incolora (más adelante amarillenta), de las características siguientes:

$d_{15°}$ 0,9108; α_D — 0,93; $n_{D\,15°}$ 1,470; punto de ebullición alrededor de 204°; punto crisoscópico — 24,2°; acidez libre 3,46 %.

Por vía indirecta, es decir por saponificación y esterificación con saponificación respectivamente, se encontró el 3,6 % de mentol en forma de éster y el 43 % de mentol libre; por vía análoga, después de reducir con sodio metálico, se encontró el 5,4 % de mentona. Además hay hidrocarburos y acetona presente.

Nosotros habíamos recibido de San Luis varias pequeñas muestras de esencias de olor mentolado, entre ellas tres de Bystropogon, que permitieron un estudio más detenido.

	Peso esp. 19°	Poder rot.	Ind. refr.
1. Peperina (Bystropogon mollis)	0,915	— 1,8°	1,4659
2. » » »	0,915	— 0,56°	1,4717
3. » » »	0,925	1,6°	1,4817

(16) Según el Dr. Cabrera y el Ing. Molfino, al cual agradecemos la comunicación, la sinonimia más correcta sería Minthostachys verticillata (Gris.) Epl. 1936. También se usa: Xenopoma verticillatum Gris. 1874 y Bystropogon Kuntzeanum Briq. 1896.

(17) Compárese también el estudio del Dr. Fidel Zelada: « Las esencias de Chenopodium rigidum (arcayuyo) y Satureia eugenioides (muña muña) », Publ. Univ. Tucum., Buenos Aires, 1925.

(18) *Bol. Acad. N. Córd.*, t. XIX, pág. 379 (1913).

(19) « Contribución al estudio de la peperina », *Rev. Farm.*, t. LXXIV, N° 5, pág. 173 (1931) y N° 6, pág. 1 (1932).

Estos datos, especialmente los del Nº 2 coinciden bastante bien con los observados por Preioni. Por otra parte, aunque hemos observado la presencia de mentol en nuestras esencias, no hemos podido aislarlo en forma completamente pura, debido al porcentaje relativamente pequeño y a la cantidad exigua de materia prima; esta diferencia con las observaciones del autor citado se explican quizás por el hecho de que la materia vegetal, en nuestro caso, haya sido recogida en una época más temprana del año. De cualquier manera, los constituyentes principales aislados por nosotros, son la mentona y la pulegona y precisamente la presencia de ésta, conjuntamente con algo de d-isomentona, explica la debilidad del poder levógiro y hasta un pequeño poder dextrógiro, en la muestra Nº 3 ([20]).

C. Identificación de los constituyentes de la esencia de Bystropogon ([21])

1. *Fraccionamiento y aislamiento de las cetonas.* — 20 cm^3 de la esencia, de color amarillento y olor más suave que el mentol, fueron destilados en una columna a vacío, con relleno de anillos de vidrio, por medio de un baño de aceite. A 3 mm de presión, entre 46 y 58° pasó la primera fracción, el 10 % del total; luego, a temperatura bastante constante de 62°, destiló la fracción principal, quedando alrededor del 5 % de residuo.

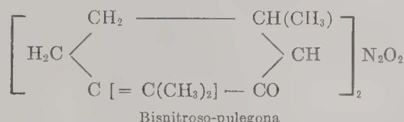
La primera fracción tenía un índice de refracción (15°) de 1,4613. La inconstancia del punto de ebullición ya indica que se trata de una mezcla de varios terpenos y no nos fué posible el aislamiento de un bromuro cristalizado.

La segunda fracción, alrededor de un 85 % de la esencia, tenía un poder rotativo (24°C) de — 3,4° y un índice de refracción (15°) de 1,4665. Mientras que el punto de ebullición coincidía casi con el de la mentona, aquellos dos valores nos hicieron sospechar la presencia de la pulegona dextrógira y de un índice de mayor refracción.

([20]) Los ensayos se repitieron con material botánicamente bien clasificado; la muestra N° 3 podría proceder de otra especie, aunque su composición cualitativa es la misma que en los Nos. 1 y 2.

([21]) Los ensayos cuantitativos se refieren por lo general a la muestra N° 2. Por lo demás, las identificaciones se ejecutaron con las tres muestras.

Para la comprobación exacta de la presencia de este compuesto, preparamos la bisnitroso-pulegona, según Baeyer y Henrich [22]:



Bisnitroso-pulegona

Mezclamos 2 cm^3 de la segunda fracción con 2 cm^3 de éter de petróleo y 1 cm^3 de nitrito de amilo y enfriamos a unos — 15° de temperatura. Luego, agregando 2 gotas de ácido clorhídrico concentrado y agitando, se formaron algunos mg de agujitas finas de la bisnitrosopulegona, las cuales separamos por centrifugado de la mayor parte del líquido madre, volcándolas luego en un plato de arcilla, donde se lavaron con éter de petróleo. Como punto de fusión encontramos 81°, indicando la bibliografía 81,5°.

La presencia de la mentona, que constituye el 50-60 % de la fracción, la hemos comprobado por transformación directa en la semicarbazona, pero más convenientemente se procede de la manera siguiente:

10 cm^3 de la segunda fracción se agitaron, durante un lapso de 10-14 días por medio de una turbina de agua, con 50 cm de una solución de bisulfito sódico al 30 %. Así la mayor parte de la pulegona se transformó en un compuesto por adición, quedando inalteradas las otras cetonas. Por vía de un método combinado de agitación con éter en embudo de bromo y de centrifugación, se separó la solución etérea (A) de la mezcla (B) de los cristales con el líquido acuoso.

A la mezcla B se le agregó lejía sódica, calentando en bañomaría hasta separación de la pulegona [23] restituída. Se extrajo por éter, se evaporó éste y, a un gramo de pulegona, se agregaron 0,65 g de clorhidrato de semicarbacida con la misma cantidad de acetato de potasio, previamente disueltos en 2-2 ½ cm^3 de agua. Luego se agregó alcohol, hasta formarse un líquido homogéneo y se calentó durante ¼ de hora en bañomaría. Dejando en reposo, al cabo de

[22] *Berichte d. Deutsch. Chem. Gesellschaft*, t. XXVIII, pág. 654 (1895). Bajo las condiciones observadas se formó este compuesto solamente y no la bisnitrosomentona.

[23] El olor de la pulegona se describe en la bibliografía como mentolado, pero a nuestro parecer hay también cierto matiz recordando el apio.

varios días, se obtuvo una cristalización abundante de la semicarbazona de la pulegona; bajo microscopio se observan prismas regulares, frecuentemente reunidos en forma de estrellas. Una vez recristalizada en alcohol ([24]), se encontró el punto de fusión correcto de 169-170°, indicando la bibliografía valores entre 168° y 171°.

Con el extracto etéreo A, una vez evaporado el éter, se procedió de la misma manera, pero esta vez la separación de la mayor parte de las semicarbazonas se produjo y de inmediato al calentar en bañomaría. Se filtró al cabo de pocas horas, guardando aparte el agua madre C; los cristales de la semicarbazona de la mentona, una vez recristalizados en alcohol, mostraron el punto de fusión correcto de 184°. Bajo microscopio, la forma es similar a la de la semicarbazona de la pulegona, solamente que las agujas son más delgadas y su solubilidad es menor.

Del agua madre C, al cabo de 3-4 días, se separó otra porción de semicarbazonas, más fácilmente solubles. Estas se filtraron, se lavaron con poco alcohol y se sometieron a la cristalización fraccionada en alcohol. Como primera fracción, se obtuvieron curiosos agregados verrugiformes, compuestos de cubitos imperfectos, los que, por otra recristalización, mostraron un punto de fusión de 156°. De las aguas madres se obtuvieron cristales de la misma índole, pero del punto de fusión de unos 138°. Por otra parte, tratándolos con una cantidad pequeña de éter, hemos podido separarlos en la semicarbazona de la mentona, que queda en el residuo, y una solución, de la cual llegamos finalmente otra vez a la substancia del punto de fusión 156°.

El producto que funde a 138° (136-139°), con su forma sumamente característica, ya ha sido obtenido por Barrowcliff ([25]) a partir de la esencia de Pennyroyal (Hedeoma pulegioides L.). Este autor lo consideraba como una mezcla inseparable de las semicarbazonas de la pulegona y de la d-isomentona, puesto que, repitiendo la prepración de las semicarbazonas con un producto de donde los restos de la pulegona habían sido eliminados por ácido sulfocrómico ([26]), obtuvo una mezcla de la semicarbazona de la mentona y de

([24]) En todas las rescristalizaciones de las semicarbazonas hay que filtrar o centrifugar la solución alcohólica, caliente, para eliminar algo de hidrazodicarbonamida $NH_2CONHNHCONH_2$, del punto de fusión de 255°.

([25]) *Jr. Chem. Soc. Lond.*, t. XCI, pág. 875 (1907).

([26]) Mezcla de Beckmann: 1 gr. de ácido sulfúrico con 3 gr. de bicromato en 25 cc. de agua.

la d-isomentona (punto de fusión de esta última 125/6°), ahora fácilmente separable por cristalización fraccionada.

Nuestras observaciones coinciden entonces con las del autor citado, con la única diferencia, que la mezcla inseparable, quizás un compuesto molecular, de las dos semicarbazonas (de la pulegona y d-isomentona) tiene el punto de fusión de 156°, mientras que el producto que funde a 138° es posiblemente un eutéctico de esta mezcla con la semicarbazona de la mentona. Por fin, para descartar cualquier otra posibilidad, preparamos una mezcla isomolecular de las semicarbazonas de la pulegona y mentona, encontrando bajo microscopio bien separados los agregados de los dos constituyentes y nada de los « cubitos » donde interviene la d-isomentona.

Esta última cetona, altamente dextrógira, contribuye a compensar el carácter levógiro de la mentona y del mentol en nuestras esencias. También en la muestra Nº 3 existen las tres cetonas, pero hay más pulegona que mentona, lo que ya surge del elevado poder dextrógiro de 15,15° de la segunda fracción, como asimismo del índice de refracción (16°) de 1,4783.

2. *Saponificación y aislamiento del mentol y de los ácidos.* — Por saponificación directa de la esencia Nº 2 se encontró una acidez libre del 1,49 % (expresada en ácido acético) y el 5,14 % de alcoholes esterificados, expresados en mentol ([27]). Por otra parte, esterificando la esencia con anhidrido acético más acetato sódico y saponificando luego, se encontró el 16,44 % de alcoholes (mentol) en total. En las muestras Nº 1 y 3, el porcentaje de los alcoholes era el 15 y el 18 %, respectivamente.

Una parte de la segunda fracción ([28]), luego de saponificarla con lejía potásica, en medio alcohólico-acuoso, la usamos para el aislamiento del mentol y de los ácidos. Al líquido alcalino se le agregó agua y se agitó en un embudo de bromo con éter, separando la capa etérea A de la solución jabonosa B, que puede formar dos capas.

Evaporando el éter de A, quedaba más o menos 1 gr. de no-saponificable, que se disolvió en 4 cc. de alcohol. Después de elimi-

([27]) Por los métodos de la esterificación y saponificación, con los cálculos pertinentes, compárese Gildemeister, 2ª ed., t. I, pág. 591 y 639, etc.
Fuera del mentol podría haber alcoholes sesquiterpénicos.

([28]) Para el aislamiento del mentol usamos la muestra Nº 1, mientras que la presencia de los ácidos fué comprobada con las tres muestras.

nar algunos copos por centrifugado, se agregó 1 g de clorhidrato de hidroxilamina, previamente disuelto en 1 cm³ de agua, y 1,2 g de bicarbonato sódico, agitando bien y dejando 24 horas en reposo. Luego se calentó poco tiempo en baño maría y se dejó otra vez hasta el día sguiente. Los cristales, esencialmente la oxima de la mentona, se filtraron y lavaron con poco alcohol algo diluído, mostrando el punto de fusión correcto de 60-61°, después de recristalizarlos en alcohol. El filtrado, luego de agregarle éter, se agitó repetidas veces, en embudo de bromo, hasta eliminar el resto de las oximas. La solución etérea, una vez secada con sulfato sódico anhidro, se evaporó y el residuo oleaginoso se dejó cierto tiempo en mezcla frigorífica, donde se formaron algunos cristalitos de mentol, que fundieron a cerca de 40°, no habiendo la posibilidad de una purificación ulterior, debido a la cantidad muy pequeña .

La solución jabonosa B. fué acidulada con ácido sulfúrico y extraída por éter. Evaporando éste, quedó un producto oleaginoso C, de pronunciado olor a ácidos butírico o isovaleriánico.

Este producto se extrajo por agitación con agua fría y la solución acuosa se extrajo repetidas veces con éter. Luego, evaporando el éter, después de algunos días en el desecador, se obtuvieron rosetas de cristales, de los cuales se elimina la materia oleaginosa en un plato de arcilla. La substancia es fácilmente soluble en alcohol, éter, éster acético, agua, benzol y muy difícilmente en éter de petróleo. Recristalizado en una mezcla de estos dos últimos solventes o también, en poco éster acético, se obtuvieron agregados arborescentes de agujas finas, de brillo sedoso, del punto de fusión 84-85°. El peso equivalente, encontrado por titulación de 41 mg con $^{n}/100$ lejía potásica, es de 84,4, demasiado bajo para un ácido monobásico, de modo que parece muy probable, que se trata del mismo ácido bibásico encontrado por Barrowcliff en la esencia de Pennyroyal, que tiene un punto de fusión de 83-85° y posiblemente la fórmula $C_8H_{14}O_4$ (Peso equivalente 87,1).

El producto oleaginoso C se extrajo una segunda vez, ahora con agua hirviente, filtrando en seguida en caliente. El filtrado se trató de manera análoga al caso anterior, obteniéndose finalmente, después de varias semanas de estadía en el desecador, algunos prismas de un ácido monobásico, los que, purificados en plato de arcilla, por lavado con poco alcohol y luego con éter, mostraron el punto de fusión de 184°. Este ácido podría ser idéntico con uno encontrado en

la esencia de Mentha spicata Huds. (M. viridis L.) ([29]), para el cual se indica un punto de fusión de 182-184°.

Los dos ácidos los observamos la primera vez en una porción de la esencia No 3, destilada hace varios años a presión ordinaria. Con temperatura invernal se separaron los prismas más gruesos del ácido monobásico, que fueron obtenidos por centrifugado, como también las agujas finas del bibásico, en cantidad más abundante, que quedaron en suspensión y que fueron aislados por tratamiento con solución diluída de carbonato sódico, caliente etc., de manera análoga a lo descripto más arriba.

D. La esencia de Lippia turbinata (Gris.) ([30])

Son pocas las verbenáceas, cuyas esencias han sido estudiadas, siendo la especie más importante Lippia citriodora H. B. et B., cultivada en zona Mediterránea y también en nuestros jardines, conociéndose bajo el nombre vulgar de « cedrón » ([31]). Sus hojas se agregan frecuentemente al mate, por su aroma limonáceo debido al citral, limoneno, etc., habiendo además abundantemente compuestos sesquiterpénicos en la esencia. En el país, se usa a veces la especie L. polystachia como substituto, igualmente de olor fuerte aunque más bien recordando el cumino. Las otras dos especies, aparentemente tienen un parentesco más estrecho entre sí, lo que se nota también en la fragancia no muy pronunciada, de modo que Grisebach consideraba la especie Lippia integrifolia como variante de L. turbinata, la especie más generalizada.

([29]) E. K. Nelson. U. S. Dept. of Agricult., Bureau of Chem., Circular N° 92. Compárese Gildemeister, t. III, pág. 593.

Menos probable nos parece la identidad con un ácido del punto de fusión 186°, obtenido por Wienhaus (*Angewandte Chemie*, t. 47, pág. 415 (1934)), por autooxidación (en medio acético) del mentofurano, que se encuentra en varias clases de esencia de menta.

([30]) Compárese el estudio de los Dres. E. Herrero Ducloux y C. Albizatti sobre la esencia de rica-rica, Lippia hastulata (Gris.) Hieron., de la provincia de Jujuy, *Revista Fac. Cienc. Quím. La Plata*, t. IV, pág. 47 (1927). Esta esencia de elevado poder dextrógiro contiene fenoles y posiblemente hidrocarburos terpénicos; en solución alcohólica se observó un espesctro de absorción característico en el ultraviolado.

([31]) Según la bibliografía de origen argentino-chileno (C. Wehmer, Die Pflanzenstoffe, Jena 1929/31).

De esta planta, del poleo en sentido estricto, que abunda en la zona cordobesa, recibimos ([32]) unos 15 kg de hojas secas que sometemos a la destilación por arrastre, obteniendo el 0,15-0,2 % de una esencia pesada, de un color amarillo bastante obscuro, conjuntamente con copos de materia sólida que eliminamos por centrifugación. El aroma del producto, poco característico recuerda algo el de la canela, del clavo de olor o de la madera de sándalo. Los demás datos físicos son los siguientes: densidad $\frac{22°}{4°}$ 0,9393; refracción (21°) 1,50274; poder giratorio $\alpha_{D\,22°} + 69{,}12°$.

Por destilación en nuestra columna a vacío, a 2,5-3 mm de presión, aproximadamente el 30 % pasó a una temperatura bastante constante de 32-33°C. Luego, entre unos 60 y 93° fué recogida la segunda fracción, el 20 % del total y, entre 93 y 102°, la tercera fracción, el 35 %, quedando el 15 % en el residuo.

La primera fracción, de color débilmente amarillo y de olor limonáceo, tenía los datos físicos siguientes: $d\,\frac{22°}{4°}$ 0,8353; $n_{D22°}$ 1,4739: $\alpha_D + 92{,}15°$, los que nos hicieron sospechar que se trata en primer lugar de d-limoneno. Efectivamente se obtuvo el tetrabromuro en cantidad abundante, del punto de fusión 104,5°, de acuerdo con la prescripción dada en el inciso A.

La segunda fracción, de color amarillo obscuro, mostró los datos físicos siguientes: $d\,\frac{22°}{4°}$ 0,9673; $n_{D22°}$ 1,50524; $\alpha_D + 51{,}12°$ ([33]).

Se trata de un producto poco uniforme, que contiene algo de fenoles, mientras que no nos fué posible comprobar la presencia de cetonas y aldehidos, por vía de las semicarbazonas.

La tercera fracción, de color amarillo obscuro, mostró otra vez un ascenso del poder detrógiro: $\alpha_{D\,21°}$ 78,45°. Igualmente alta era la refracción: $n_{D22°}$ 1,5192 y la densidad: $d\,\frac{18{,}5°}{4°}$ 1,0086, de modo que no cabe ninguna duda de que se trata de una mezcla de

([32]) Por intermedio del Prof. J. R. Báez y del Sr. C. Venator.

([33]) Tratándose de pequeñas cantidades hemos hecho confeccionar un tubo de polarímetro de 5 cm de largo, de unos 3 cc. de capacidad.

compuestos sesquiterpénicos con fenoles ([34]). Una vez eliminados éstos, agitando con lejía sódica al 5 %, se encontró, por acetilación y saponificación, un número de ésteres de 104, lo que corresponde a 44,3 % de alcoholes (calculados como santalol), quedando el resto en primer lugar para los hidrocarburos sesquiterpénicos.

Sobre el carácter de los sesquiterpenos no se puede hacer ninguna enuncia, pero dejamos constancia del hecho de que, se trata del máximo del poder dextrógiro observado hasta ahora en tales compuestos, con excepción de uno o pocos casos. También la esencia de Lippia citriodora contiene un porcentaje elevado de un hidrocarburo y de un alcohol sesquiterpénico, de constitución desconocida, pero no puede haber identidad con nuestras substancias, puesto que aquellos son de carácter levógiro.

([34]) Por la cantidad grande de materia prima y el rendimiento pequeño estuvimos obligados a utilizar, para la destilación por arrastre, un alambique de cobre a fuego directo, de modo que se produjo algo de recalefacción local de la materia vegetal, con el aumento correspondiente de los fenoles en el destilado y del peso específico, particularmente de la última fracción (se identificó un poco de 1-4-2 xilenol).

LOCKWOOD

Sección agua

Ofrece estos instructivos folletos a los interesados









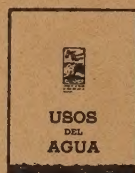
N° 218 *General* | N° 219 *Laboratorio* | N° 221 *Piletas* | N° 244 a *Piletas*



N° 237



N° 258 *Desferrizador*

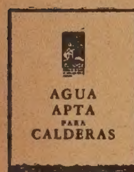


N° 266

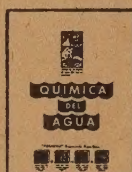


N° 254 *En Hoteles*


N° 196 *Cal Soda en frío*



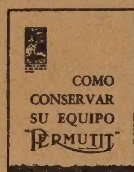
N° 264



N° 265



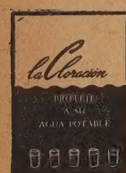
N° 267



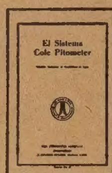
N° 268



N° 269



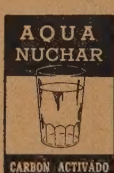
W T 221 *Cloración*



N° 21 *Examen de la Red*



N° 200 *Controladores*



N° 270 *(en inglés)*



N° 271 *Pinturas (en inglés)*



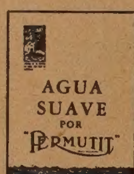
N° 236



N° 272



N° 253



N° 273



N° 274 *Medidores*


N° 291



N° 329

